



TUGAS AKHIR - TM 091585

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *MAPPING IGNITION TIMING* DAN DURASI PENGINJEKSAN BAHAN BAKAR TERHADAP UNJUK KERJA DAN EMISI GAS BUANG *ENGINE* HONDA CB150R BERBAHAN BAKAR BIOETANOL E100

GAYUH AGUNG PAMUJI
NRP 2111100009

Dosen Pembimbing
Dr. Bambang Sudarmanta, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJEC - TM 091585

**AN INFLUENCES OF IGNITION TIMING MAPPING
AND FUEL INJECTION DURATION USING
EXPERIMENTAL STUDY TROUGH THE ENGINE
PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSION OF
BIOETANOL E100 FUEL HONDA CB150R
ENGINE**

GAYUH AGUNG PAMUJI
NRP 2111100009

Advisor
Dr. Bambang Sudarmanta, S.T., M.T.

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *MAPPING*
IGNITION TIMING DAN DURASI PENGINJEKSAN
BAHAN BAKAR TERHADAP UNJUK KERJA DAN
EMISI GAS BUANG *ENGINE* HONDA CB150R
BERBAHAN BAKAR BIOETANOL E100**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
GAYUH AGUNG PAMUJI
NRP. 2111100009

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. **Dr. Bambang Sudarmanta, S.T., M.T.** (Pembimbing)
NIP. 197301161997021001
2. **Dr. Ir. Budi Utomo Kukuh W., M.E.** (Penguji I)
NIP. 195312191981031001
3. **Dr. Ir. Atok Setiawan, M.Eng.Sc.** (Penguji II)
NIP. 196604021989031002
4. **Dr. Bambang Arip D., S.T., M.Sc.Eng.** (Penguji III)
NIP. 197804012002121001

**SURABAYA
JULI, 2016**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH MAPPING IGNITION TIMING DAN DURASI PENGINJEKSIAN BAHAN BAKAR TERHADAP UNJUK KERJA ENGINE DAN EMISI GAS BUANG ENGINE HONDA CB150R BERBAHAN BAKAR BIOETANOL E100

Nama Mahasiswa : Gayuh Agung Pamuji
NRP : 21 11 100 009
Jurusan : Teknik Mesin FTI – ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Bambang Sudarmanta, ST, MT.

Abstrak

Kualitas bahan bakar sangat berpengaruh terhadap hasil unjuk kerja engine, Hal ini berkaitan dengan berkembangnya pemakaian bahan bakar bioetanol pada kendaraan. Untuk itu, perlu dilakukan suatu penyesuaian (setting) yang bertujuan mengetahui perbedaan hasil unjuk kerja dan emisi gas buang dari penggunaan bahan bakar dengan properties yang berbeda tersebut, serta dibutuhkannya suatu pengembangan Electronic Control Unit yang mampu diprogram sehingga variasi pembakaran dari sisi kontrol injeksi bahan bakar dan waktu pengapian dapat dilakukan. Penelitian ini difokuskan pada pemetaan ignition timing engine untuk mendapatkan titik pengapian optimal dari bahan bakar bioetanol E100 yang digunakan. Dengan demikian, diharapkan terjadi peningkatan terhadap hasil unjuk kerja engine.

Penelitian diawali dengan modifikasi ECU SUMI-IT. serta studi literatur mengenai bahan bakar Bioetanol E100. Setelah itu pengujian penginjeksian bahan bakar untuk mencapai AFR Bioetanol E100 dengan persentase penginjeksian sebesar 100, 125, 150, 175 dan 200 persen dari jumlah penginjeksian bahan bakar standar. Kemudian dilakukan pengujian dengan penggunaan Pertamina (bioetanol 0%) pada kondisi standar sebagai kelompok kontrol dan penggunaan Bioetanol E100 dengan variasi ignition timing sebagai kelompok uji dengan

mengambil 5 variasi advance ignition timing 10° , 14° , 18° , 22° , dan 26° BTDC pada rasio kompresi yang telah dirubah menjadi 12, 12,5, dan 13. Pengujian dilakukan menggunakan Waterbrake Dynamometer pada bukaan katup kupu-kupu penuh (Fully Open Throttle) untuk memperoleh daya maksimum pada tiap putaran mesin, dan pengaturan putaran mesin yang diinginkan dilakukan dengan mengatur besarnya beban. Pada setiap perubahan putaran mesin (2000 hingga 8000 rpm) dilakukan pencatatan data yang meliputi torsi, waktu konsumsi bahan bakar tiap 25ml, serta data hasil uji emisi dari gas analyzer. Hasil setting terbaik akan disimpan kedalam logfile engine control unit

Dari penelitian ini didapatkan durasi injeksi yang optimal untuk mencapai AFR bioetanol E100 yaitu pada putaran engine 2000 hingga 4000 rpm sebesar 200%, putaran 5000 hingga 6000 rpm sebesar 175%, serta putaran 7000 hingga 8000 rpm sebesar 150%. Pada kondisi rasio kompresi 12, 12,5, dan 13 yang diperlakukan dengan mapping ignition akan dibandingkan terhadap ignition standar pada tiap rasio kompresi. Pada CR=12 torsi naik rata-rata sebesar 1,733%, Sfc mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,6%, dan efisiensi thermal naik rata-rata sebesar 0,28%. Pada CR=12,5 torsi naik rata-rata sebesar 2,22%, Sfc naik rata-rata sebesar 1,59%, dan efisiensi thermal mengalami penurunan rata-rata 2,01%. Pada CR=13 torsi naik rata-rata sebesar 4,05%, Sfc mengalami penurunan rata-rata sebesar 8,01%, dan efisiensi thermal naik rata-rata sebesar 6,88%. Dari hasil emisi, kandungan CO dan HC mengalami penurunan di setiap rasio kompresi, yaitu emisi CO pada CR 12, 12,5, dan 13 turun sebesar 21,96%, 27,633%, dan 37,23%. Emisi HC pada CR 12, 12,5, 13 turun sebesar 1,84%, 1,34%, dan 2,08%.

Katakunci : *Electronic Control Unit, Injection Control, Maximum Best Torque(MBT), Ignition Timing, Bioetanol E100.*

AN INFLUENCES OF IGNITION TIMING MAPPING AND FUEL INJECTION DURATION USING EXPERIMENTAL STUDY THROUGH THE ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSION OF BIO ETHANOL E100 FUEL HONDA CB150R ENGINE.

Name : Gayuh Agung Pamuji
NRP : 21 11 100 009
Supervisor : Dr. Bambang Sudarmanta, ST, MT.

Abstract

Fuel quality gave such a massive effect on the engine performance, it is linked with the development of bioethanol fuel consumption in most common vehicles. therefore, there should be an adjustment (setting), which aims to find differences as the results came up of the performance and exhaust emissions from the use of different properties fuel, indeed the development of program inside the electronic control units are required so that variation of the combustion of the control side the fuel injection and ignition timing can be achieve. Hopefully, there are significant increases as the results came out of the engine performance.

The study begins with a modified ECU SUMI-IT as well as the study of the literature on E100 bioethanol fuel. After that, the injector tested to achieve the AFR reinjection bioethanol E100 with a percentage of 100, 125, 150, 175 and 200 percent by the amount of the standard fuel injected. Then, the test being done with the use Pertamina (bioethanol 0%) within the standard conditions as a control category and the use of bioethanol E100 with various ignition timing as the test category taken the variation of advance ignition timing between 10°, 14°, 18°, 22° and 26° Before Top Dead Center at the same time when the compression ratio had been changed to 12, 12.5, and 13. The Waterbrake Dynamometer was used by the test of which the opening butterfly valve fully opened (Fully Open Throttle) to

obtain maximum power at any engine rpm, and engine speed was setted by adjusting the size of the load, on any changes rev of the engine (2000 to 8000 rpm) the data recorded including the torque value, 25 ml of fuel consumption on each test, and also the emission test data from the gas analyzer. The results of the best settings will be saved into log file Engine Control Unit.

As the result from the test, the optimal duration of injection achieved within the AFR E100 bioethanol engine speed is at 2000 to 4000 rpm at 200%, round 5,000 to 6,000 rpm at 175% and 7000 up to 8000 rpm rotation of 150%. On the condition of the compression ratio between 12, 12.5 and 13 were treated with ignition mapping compared against the standard ignition at each compression ratio. In CR = 12 torque rises on average by 1.733%, sfc experienced deterioration in average by 0.6% and thermal efficiency rose an average 0.28%. on CR = 12.5, torque rises by an average of 2.22%, sfc rose an average of 1.59% and thermal efficiency has decreased an average of 2.01%. at CR = 13 torque rises by an average of 4:05%, sfc has decreased by an average of 8:01% and thermal efficiency rose by an average of 6.88%. From proceeds, the content of CO and HC decreased each compression ratio, ie emissions of CO on CR 12, 12.5, and 13 fell by 21.96% 27.633%, and 37.23%. HC emissions in CR 12, 12.5 and 13 fell by 1.84%, 1.34% and 2.08%.

**Keywords: Electronic Control Unit, Injection Control,
Maximum Best Torque (MBT), Ignition Timing,
Bioethanol E100**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Motor Bensin	5
2.1.1 Siklus Kerja Motor bensin 4 Langkah	5
2.1.2 Proses Pembakaran Motor 4 Langkah	7
2.1.3 Valve Timing Mesin 4 Langkah	8
2.2 Sistem Injeksi Bahan Bakar	8
2.3 Waktu Pengapian	10
2.4 Engine Conrol Unit (ECU)	11
2.5 Electronic Control Unit untuk Honda CB150R	11
2.5.1 Interface PC Block Diagram	11
2.5.2 Ignition Block Diagram	13
2.5.3 Injection Block Diagram.....	14
2.5.4 Sensor TPS Block Diagram	15
2.6 Perbandingan Udara dan Bahan Bakar	17
2.6.1 Pembakaran Stoikiometri	17
2.6.2 Pembakaran Non Stoikiometri	18
2.7 Bahan Bakar	18
2.8 Uji Performa Mesin Bensin	22

2.8.1	Parameter Unjuk Kerja Motor Bensin	22
2.8.1.1	Torsi	23
2.8.1.2	Daya	23
2.8.1.3	Tekanan Efektif Rata-rata(<i>BMEP</i>)	24
2.8.1.4	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik(<i>Specific Fuel Consumption</i>)	25
2.8.1.5	Efisiensi <i>Thermal</i>	26
2.9	Polusi Udara	33
2.9.1	Unburned Hidrokarbon	28
2.9.2	Karbon Monoksida(CO)	29
2.9.3	SOx	29
2.9.4	NOx	30
2.10	Penelitian Terdahulu	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Prosedur Penelitian	37
3.2	Pengujian Unjuk Kerja Engine	38
3.2.1	Persiapan Pengujian	38
3.2.2	Pengujian Engine dengan Menggunakan ECU Standar Berbahan Bakar Pertamina (E0)	38
3.2.3	Pengujian Engine dengan Menggunakan ECU <i>Programable</i> SUMI-IT Sinjai 650FI Berbahan Bakar Pertamax (E0)	39
3.2.4	Pengujian Engine dengan Menggunakan ECU <i>Programable</i> SUMI-IT Sinjai 650FI Berbahan Bioetanol E100.....	41
	Akhir Pengujian	42
3.2.5	Akhir Pengujian	49
3.3	Spesifikasi Alat Uji	42
3.3.1	Engine	43
3.3.2	Alat Uji	44
3.4	Instalasi Peralatan Pengujian.....	46
3.5	Flowchart Penelitian.....	47
3.6	Rancangan Eksperimen	49

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Penyetelan <i>Electronic Control Unit</i>	51
4.1.1	<i>Engine Setup</i>	51
4.1.2	<i>Primary Trigger Setting</i>	52
4.1.3	Penyetelan Bahan Bakar	52
4.1.4	Penyetelan Pengapian	54
4.2	Perhitungan	54
4.2.1	Penghitungan Torsi	55
4.2.2	Penghitungan Daya	55
4.2.3	Perhitungan Tekanan Efektif Rata-rata (bmep)	56
4.2.4	Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (sfc)	56
4.2.5	Perhitungan Efisiensi Termal	57
4.3	<i>Mapping Timing</i> Pengapian	57
4.3.1	<i>Mapping</i> Injeksi Bahan Bakar	57
4.3.2	Analisa Air Fuel Ratio	60
4.3.3	Analisa Torsi	63
4.3.3.1	<i>Mapping Ignition Timing</i>	65
4.3.4	Analisa Daya Efektif	69
4.3.5	Analisa Tekanan Efektif Rata-rata	70
4.3.6	Analisa Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (sfc)	72
4.3.7	Analisa Efisiensi Thermal (η_{th})	74
4.3.8	Analisa Emisi Gas Buang	75
4.3.8.1	Emisi CO	75
4.3.8.2	Emisi HC	77

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	81

DAFTAR PUSTAKA	83
-----------------------------	----

LAMPIRAN	85
-----------------------	----

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Motor Bensin 4 Langkah	5
Gambar 2.2	Grafik P- θ Aktual Untuk Motor Bensin 4 Langkah	7
Gambar 2.3	Valve Timing diagram mesin 4 langkah	8
Gambar 2.4	Skema sistem injeksi secara umum.....	9
Gambar 2.5	Skema sistem pengapian secara umum	16
Gambar 2.6	Diagram Alir <i>Electronic Control Unit</i>	24
Gambar 2.7	Skematik Interface PC.....	13
Gambar 2.8	Skematik Sistem Pengapian ECU SUMI-IT	14
Gambar 2.9	Skematik Sistem Penginjeksian Bahan Bakar ECU SUMI-IT.....	15
Gambar 2.10	Skematik Throttle Position Sensor ECU SUMI-IT	16
Gambar 2.11	Waterbrake Dynamometer	23
Gambar 2.12	Uraian piston pada saat menerima gaya	24
Gambar 2.13	(a) Mekanisme terbentuknya polutan (b) Emisi gas buang vs AFR	27
Gambar 2.14	Grafik (a) Torsi vs rpm, (b) Bmep vs rpm	30
	(c) Effisiensi Thermal vs rpm, (d) CO vs rpm	31
Gambar 2.15	(a) Maximum Best Torque vs Ignition Timing, (b) CO(%) vs bahan bakar	32
	(c) HC (ppm) vs bahan bakar	33
Gambar 2.16	(a) Grafik brake power vs rpm(gasoline), (b) Grafik brake power vs rpm (CNG)	33
	(c) Grafik P- θ gasoline, (d) Grafik P- θ CNG	34
Gambar 2.17	MBT variasi Bioetanol dan Rasio Kompresi	34
Gambar 2.18	Torsi vs rpm	35
Gambar 2.19	Power vs rpm.....	36
Gambar 3.1	Sepeda Motor Honda CB150R.....	43
Gambar 3.2	<i>Waterbrake Dynamometer</i>	44

Gambar 3.3	(a) <i>ECU programable</i> SUMI-IT, (b) <i>Exhaust gas analyzer</i> , (c) Blower, (d) Stopwatch, (e) Gelas ukur, (f) Roller.....	45
Gambar 3.4	<i>Skema Pengujian</i>	42
Gambar 4.1	<i>Mode Engine Setup</i>	51
Gambar 4.2	<i>Mode Primary Trigger Setting</i>	52
Gambar 4.3	Tabel RPM/TPS Fuel VE	53
Gambar 4.4	Tabel RPM/TPS Mapping Ignition	54
Gambar 4.5	Grafik Torsi vs rpm	58
Gambar 4.6	Grafik Torsi mapping injeksi vs rpm	58
Gambar 4.7	Grafik <i>Mapping</i> Injeksi bahan bakar Optimal tiap putaran engine	60
Gambar 4.8	Grafik AFR vs rpm bahan bakar E0 dan E100....	61
Gambar 4.9	Grafik AFR fungsi putaran engine	61
Gambar 4.10	Grafik torsi fungsi rpm pada CR 12	64
Gambar 4.11	Grafik torsi fungsi rpm pada CR 12,5	64
Gambar 4.12	Grafik torsi fungsi rpm pada CR 13	65
Gambar 4.13	Mapping waktu pengapian metode MBT untuk Honda CB150R berbahan bakar bioetanol E100	67
Gambar 4.14	Grafik torsi mapping vs rpm	67
Gambar 4.15	Grafik daya efektif vs rpm	69
Gambar 4.16	Grafik BMEP vs rpm	71
Gambar 4.17	Grafik SFC vs rpm	73
Gambar 4.18	Grafik Effisiensi Thermal vs rpm.....	74
Gambar 4.19	Grafik Emisi Gas CO vs rpm	76
Gambar 4.20	Grafik Emisi Gas HC vs rpm	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Bahan Bakar Gasoline dan Bioetanol E100	22
Tabel 3.1	Tabel Rancangan Pengujian	49
Tabel 4.1	Mapping Ignition Timing E100 CR=12.....	65
Tabel 4.2	Mapping Ignition Timing E100 CR=12,5.....	66
Tabel 4.3	Mapping Ignition Timing E100 CR=13.....	66

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber energi minyak bumi termasuk sumber daya yang tidak dapat diperbarui. Ketergantungan terhadap energi fosil terutama minyak bumi dalam pemenuhan konsumsi di Indonesia masih tinggi yaitu sebesar 96% (minyak bumi 48%, gas 18% dan batubara 30%) dari total konsumsi dan upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan belum dapat berjalan sebagaimana yang direncanakan [1]. Hal ini diperburuk dengan catatan statistik yang menerangkan bahwa cadangan dan produksi bahan bakar minyak bumi (fosil) di Indonesia mengalami penurunan 10% setiap tahunnya sedangkan tingkat konsumsi minyak rata-rata naik 6% per tahun [2] serta ditambah dengan naiknya populasi kendaraan bermotor yang merupakan penyebab utama naiknya konsumsi BBM di Indonesia.

Faktor yang menjadi masalah adalah perbandingan lurus antara pertambahan populasi dengan tingginya jumlah kendaraan. hal ini menimbulkan efek polutan dari hasil pembakaran bahan bakar kendaraan tersebut. Polutan tersebut akan menyebabkan polusi udara yang dapat mengganggu kesehatan. Emisi gas buang hasil pembakaran kendaraan bermotor yang berupa karbondioksida (CO_2), karbonmonoksida (CO), Oksida Nitrogen (NO_x), hidrokarbon yang tidak terbakar, serta unsur metalik seperti timbal (Pb) [3] saat ini menjadi perhatian serius karena unsur-unsur tersebut yang menjadi penyebab menurunnya tingkat kesehatan manusia.

untuk mengurangi emisi gas buang dapat dilakukan salah satunya dengan mengembangkan teknologi *fuel injection (FI)* pada kendaraan bermotor serta menggunakan bahan bakar alternatif, contohnya bioetanol. Sistem injeksi menghasilkan emisi yang lebih baik dibandingkan dengan motor berkaburator. sedangkan dalam penggunaan bahan bakar alternatif seperti bioetanol juga akan mengurangi emisi pada kendaraan bermotor.

Kandungan oksigen dalam bioetanol adalah sekitar 35% [4], sebagai bahan bakar beroksigenat mempunyai banyak keuntungan dalam emisi yang dihasilkan. Senyawa oksigenat yang mempunyai keunggulan angka oktan tinggi [3] membuat bioetanol digunakan sebagai aditif bahan bakar bensin, ditambah dengan adanya unsur O dalam ikatan kimianya akan berpengaruh pada penurunan emisi gas buang.

Bioetanol, dalam penerapannya di motor bakar, memerlukan beberapa modifikasi pada mesin yang akan dipakai. Beberapa perubahan yang bisa dilakukan adalah mengubah waktu pengapian (*ignition timing*), mengubah rasio kompresi mesin serta memodifikasi sistem pemasukan bahan bakar mesin. Bila waktu pembakaran dimulai pada awal sebelum titik mati atas, tekanan hasil pembakaran akan meningkat sehingga gaya dorong yang dihasilkan pada saat pembakaran meningkat dan menyebabkan torsi dan daya yang dihasilkan juga meningkat sekaligus konsumsi bahan bakar yang dihasilkan menjadi rendah. Waktu pengapian yang digeser lebih maju mengakibatkan suhu pada ruang bakar menjadi meningkat sehingga memungkinkan terjadinya detonasi pada mesin tersebut, untuk itu waktu pengapian yang telah digeser menjadi lebih maju membutuhkan bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi agar waktu pembakaran tepat pada waktunya. Pada penelitian dari Sudarmanta et al [5] menunjukkan bahwa bahan bakar E50 dengan CR 9,6 mempunyai range waktu awal pembakaran 20°-26° BTDC dan mengakibatkan torsi turun sebesar 4,12%, sedangkan E50 CR11,6 mempunyai range waktu awal pembakaran 17°-23° mengakibatkan torsi naik 3,68%. Dari data ini memungkinkan rasio kompresi yang lebih tinggi, memerlukan tekanan yang lebih tinggi dalam mesin dengan turbocharger dan memerlukan sinkronisasi antara waktu injeksi dan waktu pengapian. Untuk tujuan sinkronisasi tersebut, dibutuhkan ECU (Engine Control Unit) yang bisa diprogram untuk menyesuaikan tingkat kesesuaian antara waktu injeksi dan pengapian.

Pada penelitian ini, dilakukan sebuah pengujian pada sepeda motor Honda CB150R dengan menggunakan bahan bakar bioetanol 100% (E100). Untuk pengoperasian bioetanol E100 pada mesin harus dilakukan beberapa modifikasi, salah satunya yaitu pada ECU dengan optimasi waktu pengapian (*ignition timing*). sebelumnya memperoleh penginjeksian bahan bakar yang optimal dengan metode Maximum Best Torque dan data hasil penelitian dari variasi rasio kompresi. Nantinya dengan penggunaan bahan bakar bioetanol E100 pada Honda CB150R dapat dilakukan optimasi waktu pengapian terhadap variasi kompresi yang tepat untuk bahan bakar bioetanol E100.

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini akan menggunakan sepeda motor Honda CB150R berbahan bakar bioetanol E100. Dengan menggunakan bahan bakar bioetanol E100 yang mempunyai nilai oktan lebih tinggi maka harus memodifikasi *engine* yaitu salah satunya mengatur *ignition timing* pada proses kerja motor bakar dari honda CB150R. Dengan demikian, dalam penelitian ini dapat ditentukan beberapa perumusan masalah, antara lain :

1. Bagaimana pemetaan penginjeksian bahan bakar terhadap unjuk kerja *engine* Honda CB150R berbahan bakar bioetanol E100?
2. Bagaimana pengaruh *mapping* sudut pengapian terhadap hasil unjuk kerja *engine* Honda CB150R berbahan bakar bioetanol E100?
3. Bagaimana pengaruh *mapping* sudut pengapian terhadap emisi gas buang *engine* Honda CB150R berbahan bakar bioetanol E100?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat batasan masalah sebagai berikut :

1. Engine yang digunakan adalah Honda CB150R dalam kondisi standar.
2. Bahan bakar yang digunakan yaitu bioetanol E100.
3. Parameter yang diubah : sudut pengapian 10° , 14° , 18° , 22° , dan 26° BTDC pada akhir langkah kompresi.
4. Pengujian unjuk kerja mesin menggunakan alat *Waterbrake Dynamometer* dengan metode Fully Open Throttle di Laboratorium Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar, Teknik Mesin ITS.
5. Putaran engine dianalisa pada putaran 2000 hingga 8000 rpm dengan interval tiap 1000 rpm
6. Pengujian dilakukan pada suhu ruangan ($20^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}$)
7. Hasil data yang diharapkan terdiri dari daya, torsi, bmep, *sfc*, *effisiensi thermal*, dan hasil uji emisi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pemetaan durasi penginjeksian bahan bakar terhadap unjuk kerja *engine* Honda CB150R berbahan bakar bioetanol E100.
2. Mengetahui *mapping* sudut pengapian yang optimal terhadap unjuk kerja engine Honda CB150R dengan penggunaan bahan bakar bioetanol E100.
3. Mengetahui pengaruh *mapping* sudut pengapian terhadap emisi gas buang engine Honda CB150R dengan penggunaan bahan bakar bioetanol E100.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bisa menjadi bahan dalam pengembangan teknologi mesin berbahan bakar alternatif, khususnya optimasi *engine* berbahan bakar bioetanol, serta menjadi pertimbangan masyarakat dalam menggunakan bioetanol sebagai bahan bakar pada kendaraan..

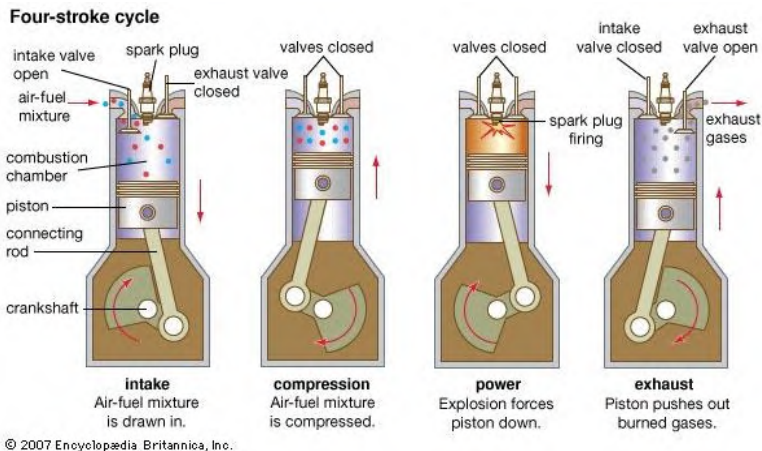
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Motor Bensin

2.1.1 Siklus Kerja Motor Bensin Empat Langkah

Motor bensin empat langkah, merupakan jenis motor dengan proses konversi energi tak langsung, dimana energi kimia dari bahan bakar diubah melalui proses pembakaran di dalam suatu silinder tertutup ruang bakar menjadi energi thermis untuk kemudian diubah menjadi energi mekanis gerak translasi piston. Satu siklus operasi diselesaikan dalam empat langkah dari piston (dua putaran *crankshaft*). Setiap langkah menempuh 180° sehingga dalam satu siklus menjadi 720° [6]. Dari gambar 2.1 dibawah ini, siklus motor bensin empat langkah meliputi langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah buang.



Gambar 2.1 Siklus motor bensin 4 langkah[6].

1. Langkah Hisap (*Intake*)

Langkah hisap dimulai dari saat piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Pada langkah ini katup masuk terbuka dan katup buang

tertutup. Campuran udara dan bahan bakar masuk melalui katup masuk.

2. Langkah Kompresi (*Compression*)

Langkah kompresi dimulai saat kedua katup menutup dan piston mulai bergerak dari TMB ke TMA untuk menekan campuran bahan bakar dan udara yang telah masuk ke dalam silinder hingga mencapai tekanan dan temperatur tertentu supaya campuran bisa terbakar. Sesaat sebelum piston mencapai TMA, campuran udara dan bahan bakar yang terkompresi di dalam bagian *clearance* dinyalakan dengan loncatan bunga api listrik yang berasal dari busi.

3. Langkah Kerja (*Expansion*)

Langkah kerja juga biasa disebut langkah usaha. Pada saat ini campuran bahan bakar dan udara yang terbakar pada tekanan yang tinggi akan menekan piston hingga bergerak ke TMB. Pada saat itu, kedua katup masih menutup. Pada langkah inilah tenaga didapatkan, dan seiring gerak piston ke TMB, tekanan dan temperatur turun.

4. Langkah Buang (*Exhaust*)

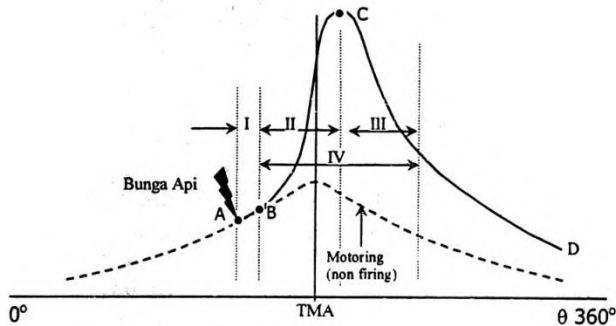
Sebelum piston mencapai TMB pada langkah kerja, katup buang terbuka sementara katup masuk masih menutup kemudian piston mulai bergerak dari TMB ke TMA dan mendorong gas sisa hasil pembakaran keluar melalui katup buang. Pada akhir langkah buang.

Keseluruhan proses di atas dapat terjadi apabila memenuhi beberapa kondisi berikut ini, yaitu :

1. Cukup tersedianya campuran bahan bakar-udara yang dapat terbakar.
2. Tersedia pemantik bunga api yang mampu membakar campuran bahan bakar – udara.
3. Adanya rambatan nyala api yang cukup stabil sehingga mampu membakar campuran bahan bakar – udara.

2.1.2 Proses Pembakaran Motor Empat Langkah

Menurut Kawano [7], pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar pada motor bensin terdiri dari beberapa tahapan seperti pada diagram dibawah ini.



Gambar 2.2 Grafik $P-\theta$ aktual untuk motor bensin 4 langkah [7].

Keterangan:

I : *Ignition Lag*

II : *Flame Propagation*

III : *After Burning*

IV : Durasi Efektif Pembakaran

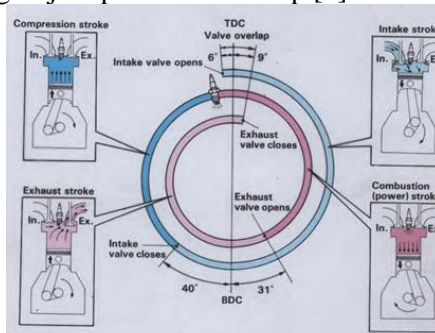
Tahapan pertama disebut *ignition lag* yang merupakan fase persiapan yang mana terjadi pertumbuhan dan perkembangan dari inti api. Tahapan ini tergantung sepenuhnya pada sifat alami bahan bakar, seperti, temperatur, tekanan, sifat gas buang, dan laju percepatan oksidasi dalam ruang bakar. *Ignition lag* terjadi dari A-B pada saat kompresi berlangsung sehingga garis A-B disebut garis kompresi. Tahap kedua disebut *propagation of flame* dimana terjadi perubahan temperatur, tekanan, dan sifat bahan bakar akibat oksidasi. Perubahan tekanan terjadi disepanjang garis pembakaran (B-C). Pada grafik diatas, titik C menunjukkan selesainya perjalanan api. Namun, pembebasan panas dari bahan bakar masih berlangsung meskipun tidak memberikan kenaikan

tekanan di dalam silinder dikarenakan pada saat itu sudah terjadi proses ekspansi. Oleh karena itu, tahapan ini dikenal dengan istilah pembakaran lanjut (*after burning*).

2.1.3 Valve Timing Mesin 4 Langkah

Waktu pembukaan dan penutupan katup pada siklus ideal yaitu pada saat piston berada tepat di TDC ataupun di BDC. Namun hal tersebut tidak mungkin terjadi dikarenakan beberapa factor berikut :

1. Faktor Mekanikal , dimana proses buka tutup katup dilakukan dengan mekanisme *cam*, buka tutup katup harus dilakukan secara perlahan untuk menghindari keausan dan suara bising, dengan alasan tersebut proses buka tutup katup tidak boleh mendadak.
2. Faktor dinamik, selain masalah mekanikal proses buka tutup katup, pengaruh adanya aliran dinamik gas yang terjadi pada kedua katup.[8]



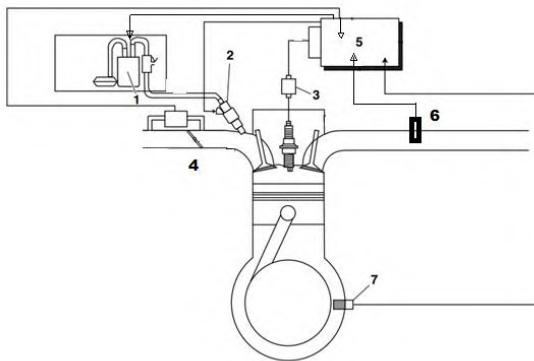
Gambar 2.3 Valve Timing diagram mesin 4 langkah [8]

2.2 Sistem Injeksi Bahan Bakar

Sistem injeksi atau EFI (*Electronic Fuel Injection*) adalah sistem yang digunakan sebagai pengganti sistem karburator, dimana pada sistem injeksi ini volume bahan bakar dan waktu penyemprotan dilakukan secara elektris. Sistem EFI kadang disebut juga dengan EGI (*Electronic Gasoline Injection*), EPI

(*Electronic Petrol Injection*), atau PGM-FI (*Programmed Fuel Injection*). Pada penelitian ini sistem yang digunakan adalah PGM-FI. Sistem ini dipakai pada kendaraan roda dua merk Honda. Penggantian sistem ini dimaksudkan untuk mencapai peningkatan unjuk kerja mesin, pemakaian bahan bakar yang ekonomis, dan menghasilkan kandungan emisi gas buang yang rendah sehingga lebih ramah lingkungan [7]. Secara umum konstruksi sistem EFI dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

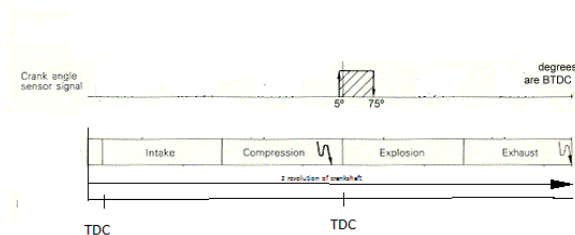
1. Sistem pemasukan bahan bakar (*fuel system*), berfungsi untuk menyimpan, menyaring, menyalurkan , dan menginjeksikan bahan bakar ke ruang bakar
2. Sistem kontrol elektronik (*electronic control system*), komponen sistem kontrol elektronik terdiri dari beberapa sensor antara lain: *Throttle Position Sensor* (TPS), *MAP* (*Manifold Absolute Pressure*) sensor, *IAT* (*Intake Air Temperature*) sensor, *Engine Cooling Temperature* (ECT) Sensor, *RPM sensor* (*Inductive Magnetic Reluctor*), dan sensor-sensor lainnya. Semua sensor tersebut akan mengirimkan data ke ECU untuk diproses.
3. Sistem induksi atau sistem pemasukan udara (*air induction system*), sistem ini berfungsi untuk menyalurkan sejumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran dalam ruang bakar



Gambar 2.4 Skema sistem injeksi secara umum[7].

1. Pompa bahan bakar/ *Fuel Pump*
2. *Fuel injector*
3. *Ignition coil*
4. *Throttle body*
5. ECU
6. Oksigen sensor
7. *Crank position sensor*

2.3. Waktu Pengapian



Gambar 2.5 Skema sistem pengapian secara umum

Pembakaran di dalam silinder kendaraan akan menentukan besarnya daya dan emisi dari gas hasil pembakaran tersebut. Pada motor bensin, penyalaan campuran bahan bakar dan udara yang ada di dalam silinder dilakukan oleh sistem pengapian, yaitu dengan adanya loncatan bunga api pada busi. Terjadinya loncatan api ini sekitar beberapa derajat sebelum TMA (titik mati atas) piston.

Untuk memperoleh daya yang maksimal, saat pengapian ini harus tepat, bila pengapian terlalu cepat, maka gas sisa yang belum terbakar, terpengaruh oleh pembakaran yang masih berlangsung dan pemampatan yang masih berjalan, akan terbakar sendiri. Hal ini akan menjadikan kerugian. Sedangkan bila pengapian terlambat, daya yang dihasilkan akan berkurang.

Selain itu, waktu pengapian harus diatur sesuai dengan angka oktan dari bahan bakar yang digunakan. Berubahnya angka oktan dari bahan bakar harus selalu diikuti dengan penyetelan waktu pengapian. Rekomendasi pabrik kendaraan biasanya mensyaratkan penggunaan bensin tanpa

timbang untuk mesin EFI. Hal ini menyebabkan waktu pengapian bisa tidak tepat, karena titik bakar dari bensin tidak sesuai dengan ketentuan. Oleh karena itu, waktu pengapian yang tepat sangat diperlukan untuk optimalisasi kerja mesin. Pada *engine* Honda CB150R waktu pengapian saat *idle* sebesar 7° sebelum TMA.

2.4 Electronic Control Unit (ECU)

Electronic Control Unit terdiri dari sensor-sensor seperti *throttle position sensor (TPS)*, *intake air temperature sensor (IAT)*, *coolant temperature* dan *lambda sensor*.. *Engine control unit* dapat mengatur *injection control* dan *ignition timing*. Sistem kontrol ini terdiri dari beberapa sensor, yang mendeteksi kondisi mesin, untuk kemudian mengkalkulasi volume injeksi (lamanya injeksi) sesuai dengan signal-signal (data) dari sensor-sensor yang mengontrol injeksi bahan bakar, serta mengatur waktu pengapian

Sensor-sensor ini mendeteksi volume udara masuk, temperatur udara, percepatan, penurunan kecepatan, dan gas sisa pembakaran. Sensor-sensor tersebut mengirimkan signal ke ECU. Kemudian ECU menentukan lamanya injeksi yang tepat dan mengirimkan signal ke injektor. Injektor menginjeksikan bahan bakar ke *intake manifold* sesuai dengan signal ini. volume injeksi tergantung dari lamanya signal dari ECU. Selain itu, ECU juga mengatur waktu pengapian berdasarkan putaran mesin.

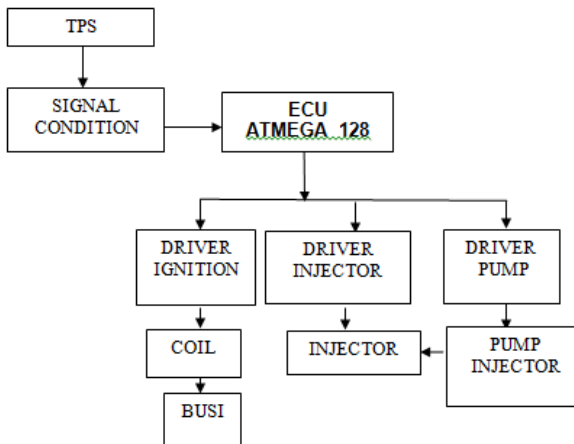
2.5 Electronic Control Unit untuk Honda CB150R

Secara garis besar, alur kerja dari sebuah ECU terbagi ke dalam tiga langkah utama:

1. **Input** – Pengambilan data lingkungan sekitar kendaraan oleh sensor-sensor yang terpasang dalam kendaraan.
2. **Proses** – Analisa dan kalkulasi data input oleh mikrokomputer yang mana hasil kalkulasi akan menjadi dasar pengambilan keputusan dalam kondisi operasional mesin.

3. **Output** – Keluaran dari hasil proses berupa perintah kepada bagian tertentu mesin untuk melakukan sesuatu, sesuai hasil dari kalkulasi pada langkah sebelumnya.

ECU dibentuk oleh banyak komponen yang berbeda-beda, tergantung kepada fitur yang dimiliki oleh ECU tersebut. Setiap manufaktur membangun ECU dengan cara yang berbeda-beda, sehingga detail dari komponen ECU akan berbeda dari satu manufaktur ke manufaktur lain. Pada penelitian ini, Untuk modifikasi ECU SUMI-IT Sinjai dilakukan pada 3 sensor yaitu TPS (Throttle Position Sensor), CKP atau pengondisian sinyal, dan injector.



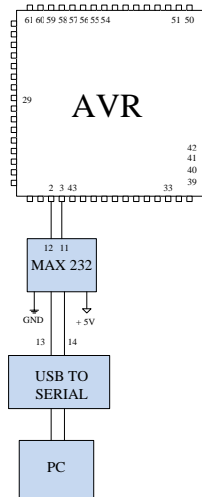
Gambar 2.6 Diagram Alir Electronic Control Unit[13]

Adapun diagram dari modifikasi ECU SUMI-IT Sinjay 650FI yang akan dipakai dalam penelitian ini yaitu

2.5.1 Interface PC Block Diagram

Interface adalah istilah yang digunakan untuk pengantaraan. Pengantaraan yang dimaksudkan adalah terciptanya komunikasi antara perangkat keras (hardware) pada ECU terhadap tampilan sebuah aplikasi yang dapat dilihat dan diolah

oleh manusia, dalam hal ini adalah tuning software Versatile Engine Management System.



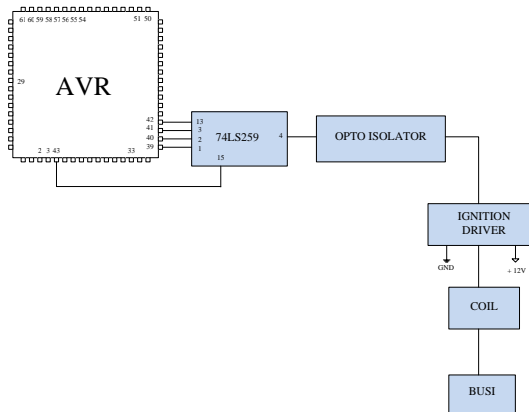
Gambar 2.7 Skematik interface PC [13]

Keterangan :

- Max 232 adalah IC penguat signal komunikasi RS 232 agar signal komunikasi tidak terinterferensi oleh signal-signal lain, sehingga data yang diterima PC adalah signal yang valid setiap saat.
- USB to serial 2.0 yang dapat dikenali oleh semua PC dimasa ini.

2.5.2 Ignition Block Diagram

Ignition system / sistem pengapian pada ECU SUMI-IT mengondisikan signal input dari *variable reluctance*(pulser) untuk kemudian diolah menggunakan *mapping* oleh *software VEMS*, sehingga memungkinkan waktu pengapian yang optimal untuk setiap putaran mesin.



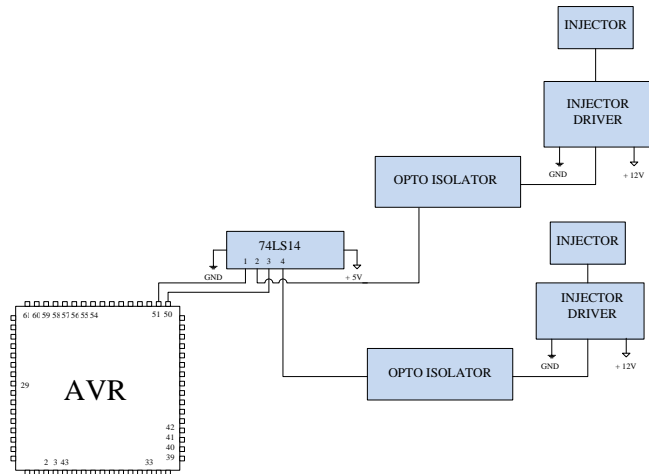
Gambar 2.8 Skematik sistem pengapian ECU SUMI-IT[13]

Keterangan :

- 74LS259 adalah decoder 4 bit ke 8 bit yang berfungsi untuk menerjemahkan *signal* dari AVR ke *signal* ignition 1 – 8 silinder pengapian (Pada mesin ini *signal* ignition output yang digunakan hanya 1 *signal* ignition output).
- Opto isolator adalah isolator *signal* tegangan 5Volt ke 12Volt ignition driver.
- Ignition driver.

2.5.3 Injection Block Diagram

Injection System/sistem Injeksi pada ECU SUMI-IT mengondisikan volume bahan bakar yang disemprotkan melalui injector dengan variasi lama pembukaan solenoid yang terdapat pada injector, semakin lama injector terbuka, dengan tekanan yang sama oleh pompa bahan bakar, maka volume bahan bakar disemprotkan juga semakin banyak.

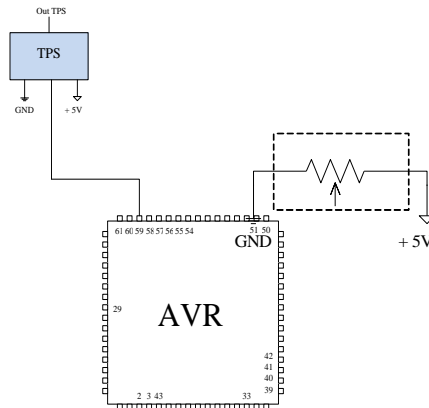


Gambar 2.9 Skematik sistem penginjeksian bahan bakar ECU SUMI-IT [13]

Keterangan :

- 74LS14 adalah IC yang berfungsi sebagai submit trigger signal dari AVR dan juga berfungsi sebagai penguat signal driver injector.
- Opto isolator untuk mengisolasi signal driver dari tegangan signal 5Volt ke tegangan driver 12Volt
- Injector driver adalah suatu rangkaian elektronik integrasi yang berfungsi sebagai trigger penguat dan amplifier untuk memberikan signal pada injector ON/OFF.

2.5.4 Sensor Tps Block Diagram



Gambar 2.10 Skematik Throttle Position Sensor ECU SUMI-IT.[13]

Keterangan :

- Sensor TPS adalah sensor yang bekerja sebagai pembaca level throttle posisi level. Sensor ini berfungsi sebagai penanda seberapa besar pembukaan udara yang masuk pada manifold.
- Sensor ini bekerja pada tegangan 0-5 Volt, ketika intake manifold membuka 100% tegangan pada output TPS ± 5 Volt sedangkan pada pembukaan intake 0 % tegangan output TPS ± 0 Volt (Intake manifold tertutup penuh).

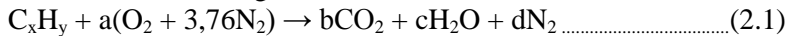
Dalam pemakaian ECU SUMI-IT membutuhkan modifikasi untuk digunakan pada kendaraan Honda CB150R. pada masalah ini hal yang difokuskan adalah memodifikasi ignition timing dan injection timing. maka dari itu ECU yang sejatinya dipakai pada mesin 2 silinder akan dimodifikasi untuk pemakaian pada mesin 1 silinder dan berkapasitas jauh lebih kecil. Pembacaan *pick up coil* pada mesin sinjay yang berjumlah 23 juga dimodifikasi untuk kebutuhan mesin Honda CB150R yang mempunyai jumlah *pick up coil* sebanyak 9 buah. Hal ini dimaksudkan agar ECU SUMI-IT dapat diaplikasikan pada mesin

Honda CB150R. maka untuk pengujian ini hal yang diatur adalah ignition timing dan injection timing pada mesin CB150R.

2.6 Perbandingan Udara dan Bahan Bakar

2.6.1 Pembakaran Stoikiometri

Bahan bakar hidrokarbon akan dioksidasi secara menyeluruh menjadi karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) jika tersedia pasokan oksigen dalam jumlah yang cukup. Kondisi pembakaran yang demikian disebut sebagai pembakaran stoikiometri dan persamaan reaksi kimia untuk pembakaran stoikiometri dari suatu bahan bakar hidrokarbon (C_xH_y) dengan udara dituliskan sebagai berikut [8]:



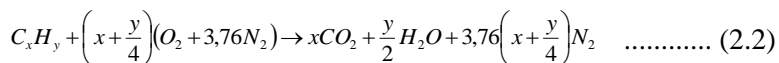
Kesetimbangan C : $x = b$

Kesetimbangan H : $y = 2c \rightarrow c = y/2$

Kesetimbangan O : $2a = 2b + c \rightarrow a = b + c/2 \rightarrow a = x + y/4$

Kesetimbangan N : $2(3,76)a = 2d \rightarrow d = 3,76a \rightarrow d = 3,76(x + y/4)$

Substitusi persamaan-persamaan kesetimbangan di atas ke dalam persamaan reaksi pembakaran C_xH_y menghasilkan persamaan sebagai berikut :



Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendapatkan pembakaran stoikiometri adalah :

$$m_{\text{O}_2} = \frac{m_{\text{atom O}_2}}{m_{\text{atom C}_x\text{H}_y}} x \% \text{C}_x\text{H}_y \text{ (kg/kg bahan bakar) } \quad \text{.....(2.3)}$$

Stoikiometri massa yang didasarkan pada rasio udara dan bahan bakar (*air fuel ratio*) untuk bahan bakar hidrokarbon (C_xH_y) adalah sebagai berikut :

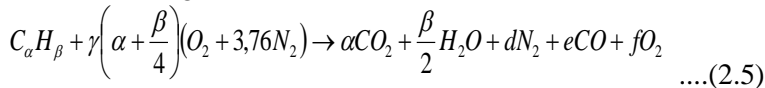
$$\left(\frac{A}{F}\right)_s = \frac{m_{\text{air}}}{m_{\text{fuel}}} = \frac{\left(\sum n_i \bar{M}_i\right)_{\text{air}}}{\left(\sum n_i \bar{M}_i\right)_{\text{fuel}}} = \frac{\left(x + \frac{y}{4}\right)\bar{M}_{\text{O}_2} + 3,76\left(x + \frac{y}{4}\right)\bar{M}_{\text{N}_2}}{x\bar{M}_C + y\bar{M}_H} \quad \text{.....(2.4)}$$

Pada bahan bakar bensin, udara yang dibutuhkan untuk membakar 1 kg bahan bakar adalah 14,7 kg yang kemudian

disebut perbandingan campuran udara dan bahan bakar stoikiometri 14,7:1.

2.6.2 Pembakaran *Non* Stoikiometri

Mekanisme pembakaran dituntut dapat berlangsung secara cepat sehingga sistem-sistem pembakaran dirancang dengan kondisi udara berlebih. Hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi kekurangan udara akibat tidak sempurnanya proses pencampuran antara udara dan bahan bakar. Pembakaran yang demikian disebut sebagai pembakaran non stoikiometri. Persamaan reaksi kimia untuk pembakaran *non* stoikiometri dituliskan sebagai berikut:



1. Pembakaran dengan komposisi campuran stoikiometri
Pada proses ini terjadi perpindahan panas yang maksimum dengan kehilangan panas yang minimum. Hasil pembakaran berupa CO₂, uap air, dan N₂.
2. Pembakaran dengan komposisi campuran miskin
Pada proses ini terjadi perpindahan panas yang maksimum tetapi diikuti dengan bertambahnya kehilangan panas karena udara berlebih. Hasil pembakaran berupa CO₂, uap air, O₂ dan N₂.
3. Pembakaran dengan komposisi campuran kaya
Pada proses ini terjadi perpindahan panas yang kurang maksimum karena ada bahan bakar yang belum terbakar. Hasil pembakaran berupa HC, CO, CO₂, H₂O, dan N₂. Sedangkan fraksi karbon terbentuk dari reaksi sekunder antara CO dan H₂O

2.7 Bahan Bakar

Motor bensin dirancang dengan menggunakan bahan bakar *fossil fuel* yang diperoleh dari destilasi pendidihan minyak mentah (*crude oil*) pada suhu 30°C sampai 200°C. Hidrokarbon yang terdapat didalamnya antara lain *paraffin*, *naphthalene*, *olefin*, dan *aromatic* dengan jumlah karbon yang bervariasi mulai

dari 12 sampai 18. Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol memiliki potensi untuk digunakan sebagai alternatif bahan bakar minyak bumi untuk tujuan mengurangi total emisi CO_2 dari mesin pembakaran dalam. sifat-sifat bioetanol antara lain memiliki nilai oktan yang tinggi dan entalpi penguapan yang tinggi dibandingkan dengan bensin standar, yang memungkinkan untuk penggunaan rasio kompresi tinggi dan kemungkinan lebih meningkatkan waktu penyalaan, serta membuat efisiensi engine meningkat [9].

Karakteristik yang umum untuk menilai kinerja bahan bakar mesin bensin antara lain:

1. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan suatu angka yang menyatakan jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan oksigen atau udara. Nilai kalor dinyatakan dalam dua besaran, yakni, nilai kalor atas, NKA (jika air hasil pembakaran dalam fase cair) dan nilai kalor bawah, NKB (jika air hasil pembakaran dalam fase uap). Nilai kalor atas diuji dengan menggunakan *bomb calorimeter*. Sedangkan nilai kalor bawah dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$NKB = NKA - \left(\frac{m_{H_2O}}{m_{sample}} \right) \cdot LH \dots\dots\dots(2.6)$$

2. Panas Penguapan Laten

Bioetanol pada umumnya lebih besar daripada bahan bakar bensin. Keuntungannya adalah panas penguapan laten yang tinggi dapat mendinginkan udara masukan sehingga nilai densitas naik dan memungkinkan lebih banyak volume udara masukan. Hal tersebut membentuk campuran baha bakar-udara yang lebih *lean* sehingga mengurangi kadar CO gas buangnya sebaai hasil pembakaran yang lebih sempurna, serta mendinginkan temperature pembakaran sehingga menurunkan kecendrungan terjadinya *autoignition*.

3. Bilangan oktan

Sifat pembakaran bahan bakar biasanya diukur dengan angka oktan . Angka oktan merupakan ukuran kecenderungan bahan bakar bensin untuk mengalami karakteristik pembakaran (utamanya *knocking*) yang sama dengan campuran iso-oktana dan n-heptana. Makin tinggi angka oktan, maka makin berkurang kecenderungannya mengalami ketukan dan makin tinggi kemampuannya untuk digunakan pada kompresi rasio yang lebih tinggi tanpa mengalami ketukan.

4. Viskositas

Viskositas terkait dengan tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi, biasanya dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalir pada jarak tertentu. Jika viskositas semakin tinggi, maka tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi sehingga atomisasi menjadi jelek. Sebaliknya jika viskositas rendah, maka potensi keausan pada saluran injeksi akan semakin cepat.

5. Titik Nyala

Titik nyala adalah suatu angka yang menyatakan temperatur terendah dari bahan bakar minyak atau gas dimana akan timbul penyalaan api sesaat apabila pada permukaan minyak tersebut didekatkan pada nyala api. *Flash point* mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan untuk terbakar dari suatu bahan bakar.

6. Titik Tuang (Pour Point)

Titik tuang adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak sehingga minyak tersebut masih dapat mengalir karena gaya gravitasi. Titik tuang merupakan ukuran daya atau kemampuan bahan bakar pada temperatur rendah, yang berarti bahwa kendaraan dapat menyala pada temperatur rendah karena bahan bakar masih dapat mengalir.

7. Kestabilan kimia dan kebersihan bahan bakar

Kestabilan kimia bahan bakar sangat penting, karena berkaitan dengan kebersihan bahan bakar yang selanjutnya berpengaruh terhadap sistem pembakaran dan sistem saluran. Pada temperatur tinggi, bahan bakar sering terjadi polimer yang berupa endapan-endapan *gum* (getah) ini berpengaruh kurang baik terhadap sistem saluran misalnya pada katup-katup dan saluran bahan bakar. Bahan bakar yang mengalami perubahan kimia, menyebabkan gangguan pada proses pembakaran. Pada bahan bakar juga sering terdapat saluran/senyawa yang menyebabkan korosi, senyawa ini antara lain : senyawa belerang, nitrogen, oksigen, dan lain-lain.

8. Berat Jenis

Berat jenis adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Besar nilai berat jenis suatu zat dapat dicari dengan menggunakan Piknometer. Penggunaan *specific gravity* adalah untuk mengukur berat/massa minyak bila volumenya telah diketahui. Bahan bakar minyak umumnya mempunyai *specific gravity* antara 0,74 dan 0,96 dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan daripada air. Di Amerika, *specific gravity* umumnya dinyatakan dengan satuan yang lain yaitu API Gravity (American Petroleum Institute Gravity) dengan cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$SG \text{ terhadap air} = \frac{\text{Densitas bahan bakar}}{\text{Densitas air}} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$^{\circ}API \text{ gravity} = \left(\frac{141.5}{\text{Specific gravity pada } 60^{\circ}F} \right) - 131.5 \dots\dots\dots (2.8)$$

2.7.1 Perbandingan Karakteristik Bahan Bakar Gasoline dan Bioetanol E100

Tabel 2.1 dibawah ini menjelaskan tentang karakteristik bahan bakar gasoline dan bioetanol E100. Gasoline yang mempunyai angka oktan 95 atau setara dengan Pertamax.

Tabel 2.1 Karakteristik Bahan Bakar Gasoline dan Bioetanol E100 [4,10,11]

<i>Property</i>	<i>Gasoline</i>	<i>Bioethanol E100</i>
<i>Chemical formula</i>	C5-C11	C ₂ H ₅ OH
<i>Molar mass (g/mol)</i>	102.5	46.07
<i>C (%wt)</i>	86.5	52.2
<i>H (%wt)</i>	13.5	13.1
<i>O (%wt)</i>	0	34.7
<i>Density (kg/m³)</i>	740	794
<i>Research octane number (RON)</i>	92	109-120
<i>Flash point (°C)</i>	-40 s/d -13	13
<i>Boiling point at 1 bar (°C)</i>	25-215	79
<i>Lower heating value (MJ/kg)</i>	42.9	26.95
<i>Latent heat of vaporization (kJ/kg)</i>	289	854
<i>Stoichiometric ratio</i>	14.7	9
<i>Laminar flame speed (m/s)</i>	0.28	0.40

Dengan perbedaan yang ditunjukkan oleh data sekunder tersebut dan menghubungkannya dengan tahapan unjuk kerja mesin maka dapat diperkirakan bahwa pemetaan ignition timing yang optimum serta penginjeksian bahan bakar akan berpengaruh pada hasil unjuk kerja *engine*.

2.8 Uji Performa Mesin Bensin

2.8.1 Parameter Unjuk Kerja Motor Bensin

Ada beberapa parameter yang digunakan untuk mengevaluasi unjuk kerja dari mesin bensin, antara lain:

2.8.1.1 Torsi

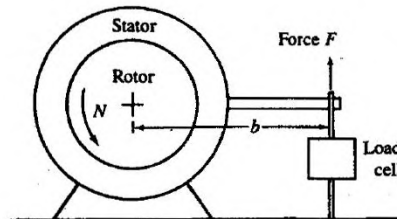
Kemampuan mesin dalam menghasilkan kerja ditunjukkan dengan nilai torsi yang dihasilkannya. Dan didalam keadaan sehari-hari torsi digunakan untuk akselerasi kendaraan untuk mendapatkan kecepatan tinggi. Torsi merupakan perkalian antara gaya tangensial dengan panjang lengan. Rumus untuk menghitung torsi pada engine adalah sebagai berikut :

$$Torsi = T = F \cdot b \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

F = gaya tangensial

b = lengan gaya *waterbrake*



Gambar 2.11 *Waterbrake dynamometer* [12]

2.8.1.2 Daya (bhp)

Tujuan dari pengoperasian mesin adalah untuk menghasilkan daya atau *power*. Brake horse power merupakan daya yang dihasilkan dari poros output mesin yang dihitung berdasarkan laju kerja tiap satuan waktu. Nilai daya sebanding dengan gaya yang dihasilkan dan kecepatan linearnya, atau sebanding dengan torsi poros dan kecepatan sudutnya. Untuk menghitung daya motor digunakan perumusan :

$$bhp = \omega \cdot T = 2\pi \cdot n \cdot T \text{ (Watt)} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$bhp = 2\pi \cdot n \cdot T \text{ (Watt)} / 1000 \text{ (kW)} \dots\dots\dots(2.11)$$

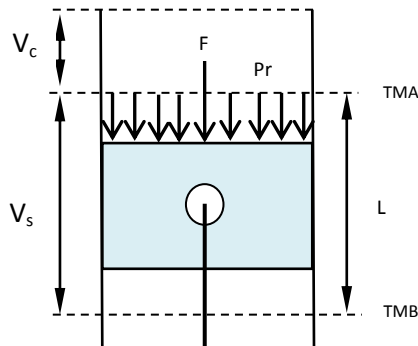
dimana :

T = Torsi (N.m)

n = putaran poros engine (rps)

2.8.1.3 Tekanan efektif rata-rata (BMEP)

Tekanan efektif rata-rata (*mean effective pressure*) didefinisikan sebagai tekanan tetap rata-rata teoritis yang bekerja sepanjang volume langkah piston sehingga menghasilkan daya. Jika tekanan efektif rata-rata dihitung berdasarkan pada bhp (*brake horse power*) maka disebut bmep (*brake mean effective pressure*).



Gambar 2.12 Uraian piston pada saat menerima gaya

Gaya yang bekerja mendorong piston kebawah:

$$F = P_r \cdot A \dots\dots\dots(2.12)$$

Kerja selama piston bergerak dari TMA ke TMB :

$$W = F \times L = (P_r \times A) L \dots\dots\dots(2.13)$$

Daya motor (Kerja persatuan waktu) :

Jika poros engkol berputar n rps, maka dalam 1 sekon akan terjadi

$\frac{n}{z}$ siklus kerja.

dimana $\frac{n}{z} \left(\frac{\text{siklus}}{\text{sekon}} \right)$; $z = 1$ (2 langkah), 2 (4 langkah)

$$\text{Daya tiap silinder: } N = \frac{P_r \cdot A \cdot L \cdot n}{z} \dots\dots\dots(2,14)$$

$$\text{Daya motor sejumlah "i" silinder : } N = \frac{Pr \cdot A \cdot L \cdot n \cdot i}{z} \dots\dots\dots(2.15)$$

Jika $N = bhp$ dan $P_r = bmep$, maka :

$$bmep = \frac{(bhp \times z)}{(A \times L \times n \times i)} (Pa) \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

bhp = daya motor (Watt)

A = Luas penampang torak (m^2)

L = Panjang langkah torak (m)

i = Jumlah silinder

n = Putaran mesin (rps)

z = 1 (motor 2 langkah) atau 2 (motor 4 langkah)

2.8.1.4 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption*)

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik merupakan ukuran pemakaian bahan bakar oleh suatu engine yang diukur dalam satuan massa bahan bakar per satuan keluaran daya, atau juga dapat didefinisikan sebagai laju aliran bahan bakar yang dipakai oleh motor untuk menghasilkan tenaga. Dimana daya yang dihasilkan pada penelitian kali ini adalah bhp .

Besarnya nilai *Specific Fuel Consumption* dapat dihitung dengan persamaan :

$$sfc = \frac{\dot{m}_{bb}}{bhp} \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana:

\dot{m}_{bb} = laju aliran massa bahan bakar , kg/s

bhp = daya motor, Watt

Pada pengujian standar, massa bahan bakar dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$m_{bb} = \rho_{bb} \cdot Volume_{bb} \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana:

$$\rho_{bb} = SG_{bb} \cdot \rho_{H_2O} \left(\frac{kg}{m^3} \right) \dots\dots\dots(2.19)$$

2.8.1.5 Efisiensi Thermal

Effisiensi thermal adalah ukuran besarnya pemanfaatan energi panas dari bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif oleh motor. Dapat juga dikatakan sebagai persentase kerja engine yang didapat dari energi yang dimasukkan per energi yang dikeluarkan

$$\eta_{th} = \frac{\text{Energi yang berguna}}{\text{Energi yang diberikan}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

Jika masing-masing dibagi dengan waktu, t maka:

$$\eta_{th} = \frac{\text{kerja} / \text{waktu}}{\left(\text{panas yang diberikan} / \text{waktu} \right)} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana:

$\text{kerja} / \text{waktu} = \text{daya (bhp)}$

$\text{panas yang diberikan} / \text{waktu} = \text{nilai kalor} \times \text{massa bahan bakar}$
 $= Q \times \dot{m}_{bb}$

sehingga.

$$\eta_{th} = \frac{bhp}{Q \cdot \dot{m}_{bb}} \quad \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (kg/Watt . s)

\dot{m}_{bb} = laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

Q = nilai kalor bawah dari bahan bakar yang digunakan (J/kg)

untuk bahan bakar *engine* OTTO :

NKB = (16610 + 40 (°API)) 0.55556(kKal / kg)(2.23)

°API : Gravity adalah suatu bilangan yang menyatakan *density* dari suatu cairan.

API gravity diukur pada temperatur minyak bumi 60°F. Harga

API dapat dihitung sbb :

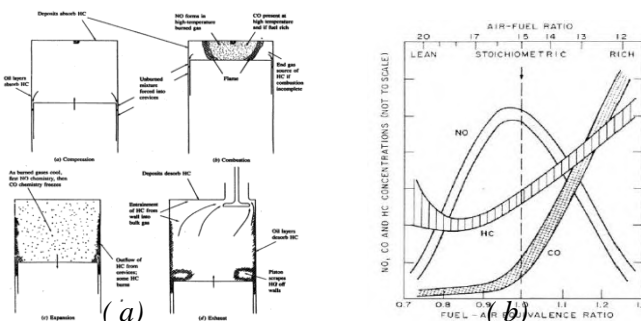
$$^{\circ}API \text{ gravity} = \left(\frac{141.5}{\text{Specific gravity pada } 60^{\circ}F} \right) - 131.5 \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana : SG bahan bakar Premium = 0.74

SG bahan bakar Bioetanol E100 = 0.794

2.9 Polusi Udara

Polusi udara adalah masuknya bahan-bahan pencemar kedalam udara sehingga mengakibatkan kualitas udara menurun dan tidak berfungsi sebagaimana mestinya (UUPLH No.23/1997 pasal 1). Polutan primer adalah polutan dimana keberadaannya di udara langsung dari sumbernya. Contoh : partikulat, Sulfur Oksida (SO_x), Nitrogen Oksida (NO_x), Hidrokarbon (HC), dan Karbon Monoksida (CO). Sedangkan polutan sekunder adalah polutan primer yang bereaksi dengan komponen lain diudara, contohnya Ozon (O_3) dan *Peroksi Asetil Nitrat* (PAN) dimana keduanya terbentuk di atmosfer melalui proses hidrolisis, petrochemical atau oksidasi[7].



Gambar 2.13 (a) Mekanisme terbentuknya polutan (b) Emisi gas buang vs FAR

Dari kedua jenis polutan diatas yang sering jadi perhatian adalah polutan primer, meskipun polutan sekunder tidak bisa dianggap ringan. Berikut ini adalah penjelasan tentang beberapa polutan primer.

2.9.1 unburned Hidrokarbon (uHC)

Hidrokarbon terjadi dari bahan bakar yang tidak terbakar langsung keluar menjadi gas mentah, dan dari bahan bakar terpecah menjadi reaksi panas berubah menjadi gugusan HC yang lain, yang keluar bersama gas buang. Sebab-sebab terjadinya

hidrokarbon (HC) adalah karena tidak mampu melakukan pembakaran, penyimpanan dan pelepasan bahan bakar dengan lapisan minyak, penyalaan yang tertunda, disekitar dinding ruang bakar yang bertemperatur rendah dan karena adanya *overlap valve*, sehingga HC dapat keluar saluran pembuangan.

Polutan *unburned hydrocarbon* berasal dari beberapa sumber yang berbeda. Terdapat empat kemungkinan penyebab terbentuknya HC pada engine SI sebagai berikut :

1. HC dalam volume *crevice*

Volume *crevice* adalah volume dengan celah yang sangat sempit sehingga api tidak dapat menjangkaunya yang merupakan sumber utama munculnya HC dalam gas buang. Volume *crevice* yang paling utama adalah volume diantara piston, ring piston, dinding silinder, pusat elektroda busi, dan *crevice* disekitar gasket silinder head.

2. Proses *flame quenching* pada dinding ruang bakar

Api akan padam ketika menyentuh dinding ruang bakar karena *heat loss (wall quenching)*, sehingga meninggalkan lapisan tipis yang terdiri dari campuran yang tidak terbakar dan terbakar sebagian.

3. Penyerapan uap bahan bakar kedalam lapisan oli pada dinding ruang bakar

Selama proses pengisian dan kompresi, uap bahan bakar diserap oleh oli pada dinding ruang bakar, selanjutnya melepaskannya kembali ke ruang bakar selama ekspansi dan pembuangan.

4. Pembakaran yang tidak sempurna

Terjadi ketika kualitas pembakaran jelek baik terbakar sebagian (*partial burning*) atau tidak terbakar sama sekali (*complete misfire*) akibat homogenitas, turbulensi, A/F dan *spark timing* yang tidak memadai. Saat tekanan silinder turun selama langkah ekspansi, temperatur *unburned mixture* didepan muka api menurun, menyebabkan laju pembakaran menurun. Karena temperatur *unburned* didepan muka api yang

terlalu rendah maka menyebabkan api padam sehingga nilai HC akan naik.

2.9.2.1 Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau pada suhu diatas titik didihnya dan mudah larut dalam air. Di industri, karbon monoksida dihasilkan dari proses oksidasi gas alam yaitu metana. Gas karbon monoksida merupakan komponen utama dalam udara tercemar, karena kereaktifan gas karbon monoksida terhadap hemoglobin dalam darah yang mengakibatkan darah kekurangan oksigen dan menyebabkan gangguan saraf pusat. Pembakaran yang normal pada motor bensin akan membakar semua hidrogen dan oksigen yang terkandung dalam campuran udara dan bahan bakar. Akan tetapi dalam pembakaran yang tidak normal, misalnya pembakaran yang kekurangan oksigen, akan mengakibatkan CO yang berada didalam bahan bakar tidak terbakar dan keluar bersama-sama dengan gas buang. Karbon monoksida juga cenderung timbul pada temperatur pembakaran yang tinggi. Meskipun pada campuran miskin (mempunyai cukup oksigen) jika temperatur pembakaran terlalu tinggi, maka oksigen yang telah terbentuk dalam karbon dioksida bisa berdisosiasi membentuk karbon monoksida&oksigen.

2.9.3 SO_x

Belerang Oksida atau Sox yang terdapat pada minyak bumi terdiri atas gas SO₂ dan gas SO₃ yang keduanya memiliki sifat berbeda. Gas SO₂ berbau tajam dan tidak mudah terbakar, sedangkan gas SO₃ mudah beraksi dengan uap di udara untuk membentuk asam sulfa. Asam Sulfat ini bersifat sangat reaktif dan memiliki banyak dampak negatif di antaranya korosif ,beracun,dan selalu mengikat oksigen untuk mencapai fasa kestabilan gasnya, serta menimbulkan gangguan sistem pernafasan.

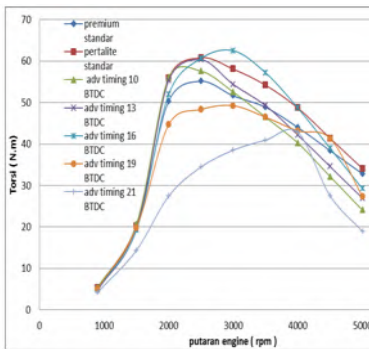
2.9.4 NO_x

Diantara berbagai jenis oksida nitrogen yang ada di udara, nitrogen dioksida (NO₂) merupakan gas yang paling beracun. Percobaan pada manusia menyatakan bahwa kadar NO₂ sebesar 250 µg/m³ dan 500 µg/m³ dapat mengganggu fungsi saluran pernafasan pada penderita asma dan orang sehat.

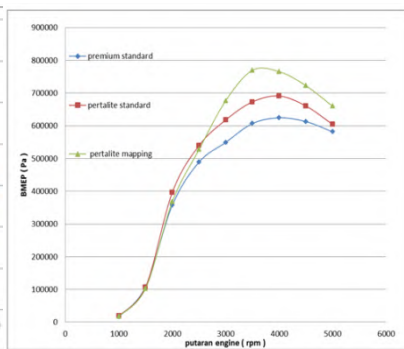
2.10 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu terkait *mapping ignition* untuk motor bakar bensin dan terkait penggunaan bahan bakar bioetanol untuk mesin mesin bensin adalah sebagai berikut :

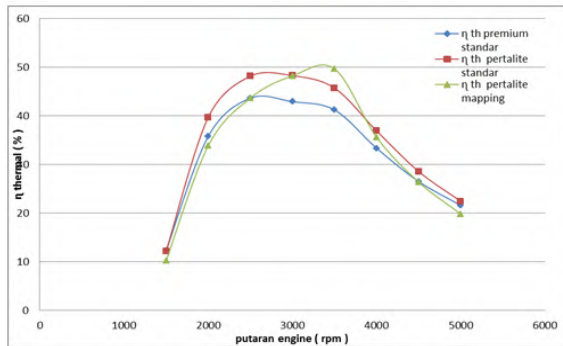
1. **Gurnito [13]**, Membandingkan pengaruh penggunaan bahan bakar Pertalite pada hasil unjuk kerja engine SINJAI 650 kondisi standar, mengetahui *ignition timing* yang optimal untuk masing masing bahan bakar, ignition timing yang divariasikan sebesar 10°, 13°, 16°, 19°, dan 21° BTDC pada akhir langkah kompresi. Data yang diperoleh disajikan pada grafik berikut ini.



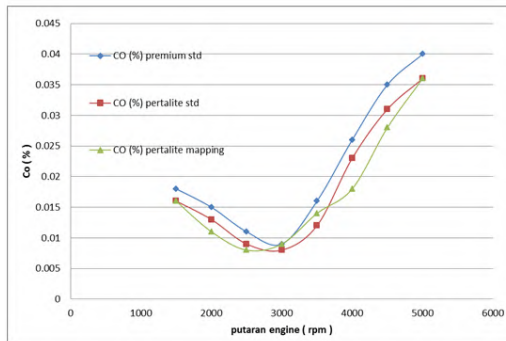
(a)



(b)



(c)

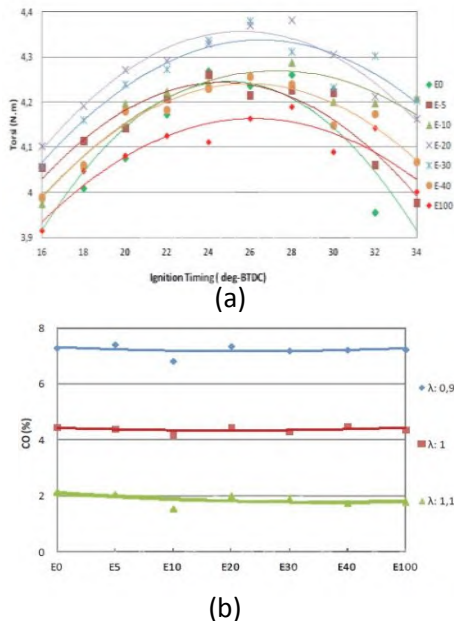


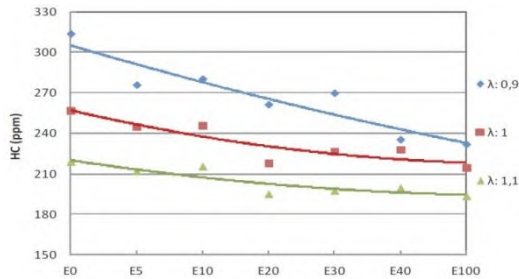
(d)

Gambar 2.14 grafik (a) Torsi vs rpm, (b) Bmep vs rpm, (c) Effisiensi Thermal vs rpm, (d) Co vs rpm

2. **Setiyawan [15]** pada disertasinya tahun 2012 mengkaji pengaruh etanol pada premium terhadap karakteristik pembakaran di motor bensin injeksi. Pada penelitian ini dicari terlebih dahulu *advance ignition timing* dengan metode MBT untuk masing-masing bahan bakar dengan torsi awal 4 Nm, 4000 rpm, dan $\lambda=1$. Didapatkan bahan bakar E0 akan menghasilkan torsi maksimal pada ignition timing sebesar 24° , sedangkan pada E100 torsi maksimal ada pada 28° . Kenaikan waktu pengapian berbanding lurus dengan kenaikan angka oktan bahan bakar karena semakin tinggi

angka oktan akan semakin tahan terhadap knocking. Dari emisi gas buangnya, kadar CO berkurang saat etanol ditambahkan pada premium. Rata-rata penurunan CO karena penambahan etanol pada premium (E5 sampai dengan E40) masing-masing sebesar 1,2%, 2,0%, dan 14,4% dibandingkan bahan bakar E0 untuk $\lambda=0,9$, 1,0, dan 1,1. Sedangkan penurunan kadar HC karena penambahan etanol pada premium (E5 sampai dengan E40) masing-masing sebesar 17,4%, 10,6%, dan 7,7% dibandingkan bahan bakar E0 untuk masing-masing $\lambda = 0,9$, 1,0 dan 1,1. Namun dari hasil emisi, bisa ditarik kesimpulan bahwa pengaruh kekayaan campuran lebih dominan untuk menurunkan CO dan HC dibandingkan dengan penambahan etanol, dimana penambahan udara pembakaran lebih besar dibandingkan dengan ketersediaan molekul oksigenat yang terkandung dalam etanol. Gambar 2.12 akan menjelaskan hasil penelitian yang didapat.

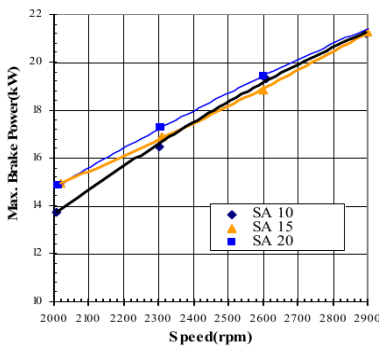




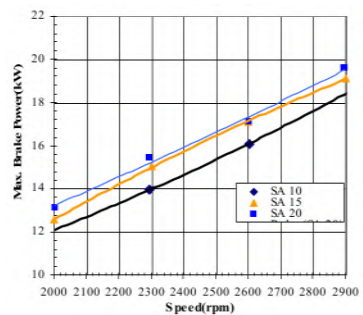
(c)

Gambar 2.15 (a) Maximum Best Torque vs Ignition Timing, (b) CO(%) vs Bahan Bakar, (c) HC(ppm) vs Bahan Bakar

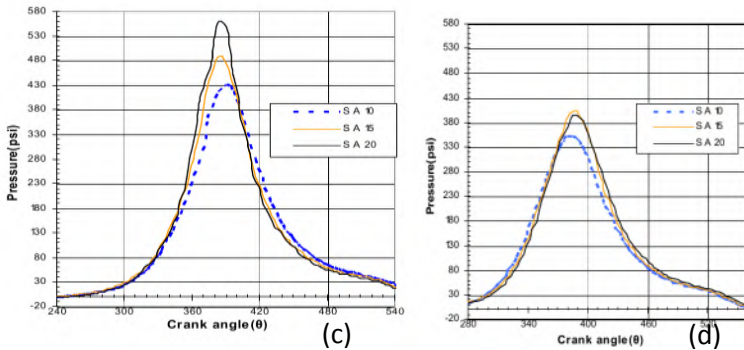
3. Nargis N.N dan Hossain M.I [14] , dalam penelitiannya bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan *engine* dan *advance* sudut pengapian terhadap engine berbahan bakar gasoline dan *Compressed Natural Gas*. Penelitian dilakukan tanpa memodifikasi konstruksi *engine*. Bahan bakar CNG dimasukan ke dalam *engine* dengan menggunakan *mixer*. Variasi sudut pengapian yang digunakan adalah 10, 15, 20 BTDC. Sedangkan variasi kecepatan *engine* mulai dari 2000 rpm hingga 2900 rpm dengan interval 100 rpm. Hasil dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut. [3]



(a)



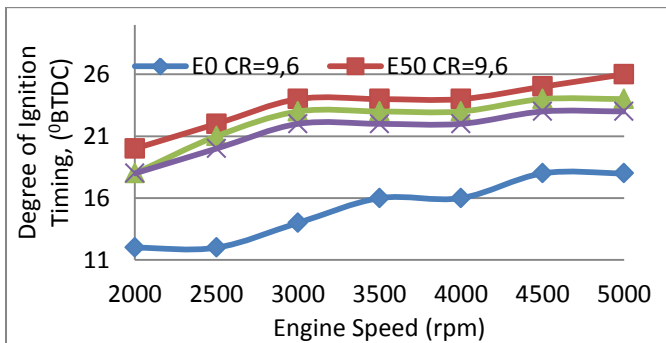
(b)



Gambar 2.16 (a) Grafik brake power vs rpm (gasolin), (b) Grafik brake power vs rpm (CNG), (c) Grafik $P-\theta$ gasoline, (d) Grafik $P-\theta$ CNG

4. Sudarmanta et al [5]

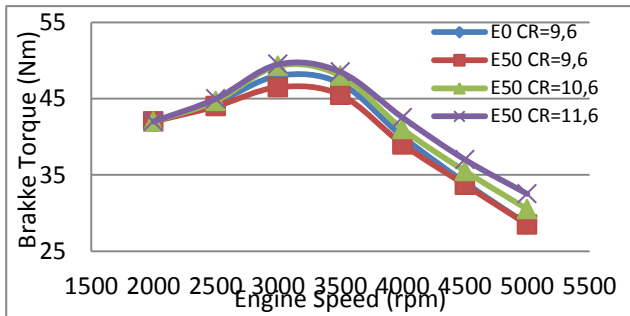
Penelitian ini dilakukan pada *engine* Sinjai 650 cc, 2 silinder. Variasi rasio kompresi antara 9,6, 10,6, dan 11,6:1 mulai dari putaran *engine* 2000 hingga 5000 rpm dengan kenaikan 500 rpm. *Ignition timing* diatur seminimal mungkin untuk **Maximum Best Torque (MBT)**.



Gambar 2.17 MBT variasi Bioetanol dan Rasio kompresi

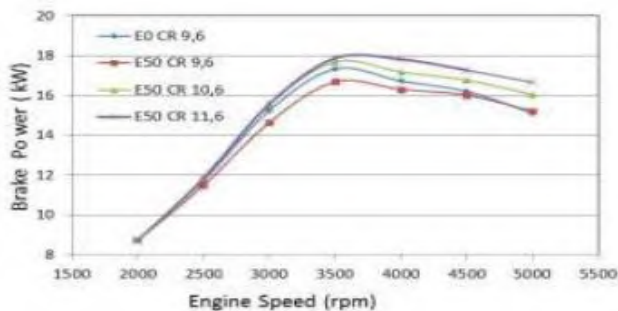
- Grafik di atas adalah mapping ignition timing pada MBT
- E0 memiliki derajat pengapian antara 12° - 18° BTDC

- E50 dengan CR 9,6 derajat pengapian antara 20° - 26° BTDC
- Sedangkan pada E50 dengan CR yang lebih besar, derajat pengapian akan diperlambat untuk menghindari detonasi.



Gambar 2.18 Torsi vs Rpm

- E50 dengan CR 9,6 akan menurunkan torsi sebesar 4,12% dari E0 dengan CR 9,6
- E50 dengan CR 10,6 akan menaikkan torsi sebesar 3,68% dari E0 dengan CR 9,6
- Torsi tertinggi pada 3000 rpm, E50, CR 11,6 sebesar 49,58 Nm naik 3,68% dari E0 dengan CR 9,6



Gambar 2.19 Power vs Rpm

- E50 dengan CR 9,6 akan menurunkan daya sebesar 2,91% dari E0 dengan CR 9,6
- E50 dengan CR 10,6 akan menaikkan daya sebesar 1,74% dari E0 dengan CR 9,6
- Daya tertinggi pada 3500 rpm, E50, CR 11,6 sebesar 17,88 kW naik 4,58% dari E0 dengan CR 9,6

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini ialah metode eksperimen. Pengujian eksperimen ini dilakukan pada mesin Honda CB150R dengan putaran dan sudut pengapian mesin bervariasi. Tempat pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar (TPBB) Teknik Mesin ITS, Surabaya. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik, penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Studi literatur mengenai pemakaian bahan bakar bioetanol E100 pada engine sepeda motor sehari-hari, literatur tentang ECU SUMI-IT Sinjai 650 FI untuk *advance ignition timing* sudut pengapian kerja motor bakar dan durasi penginjeksian bahan bakar.
2. Perancangan ECU SUMI-IT Sinjai 650 FI untuk digunakan pada motor Honda CB150R.
3. Pemeliharaan engine Honda CB150R untuk mengembalikan kondisi seperti standar lagi (*service*).
4. Persiapan dan perancangan alat uji *Waterbrake Dynamometer* untuk motor Honda CB150R di workshop laboratorium Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar.
5. Pengujian engine Honda CB150R untuk mengetahui penginjeksian bahan bakar dengan metode Maximum Best Torque (MBT).
6. Pengujian engine Honda CB150R dengan alat uji *Waterbrake Dynamometer* berbahan bakar pertamax (0% etanol) menggunakan ECU standar pabrikan. Kemudian menggunakan ECU SUMI-IT Sinjai 650 FI sebagai data acuan / kelompok kontrol.
7. Pengumpulan hasil data pengujian waktu penginjeksian dan variasi rasio kompresi terhadap unjuk kerja Honda CB150R berbahan bakar bioetanol (etanol 100%) E100

8. Pengujian engine Honda CB150R dengan alat uji *Waterbrake Dynamometer* berbahan bakar bioetanol E100 (etanol 100%) dengan variasi sudut pengapian 10° , 14° , 18° , 22° , dan 26° *BTDC* pada putaran 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, dan 8000 rpm
9. Pengolahan data hasil pengujian untuk mendapatkan Daya, *Bmep*, *Sfc*, dan Effisiensi Thermal.

3.2 Pengujian Unjuk Kerja Engine

Pengujian unjuk kerja engine ini dilakukan pada engine Honda CB150R yang menggunakan ECU SUMI-IT Sinjai 650FI berbahan bakar bioetanol E100. Sedangkan variasi yang diberikan pada pengujian unjuk kerja engine ini adalah variasi sudut pengapian (ignition timing) sebesar 10° , 14° , 18° , 22° , dan 26° *BTDC* terhadap data hasil pengujian waktu penginjeksian bahan bakar dan variasi rasio kompresi yang sebelumnya dilakukan oleh penguji lain. Sebelum pemberian variasi. Pengujian ini dilakukan pada putaran 2000 hingga 8000 rpm dengan interval 1000 rpm. Adapun pengujian ini meliputi :

3.2.1 Persiapan Pengujian

Adapun tahapan dari tahapan pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemeriksaan terhadap kondisi fisik mesin, minyak pelumas, sistem pendinginan, sistem pemasukan bahan bakar, dan sistem kelistrikannya.
2. Perancangan *ECU progamable* untuk engine Honda CB150R
3. Memeriksa kondisi kelayakan *Waterbrake dynamometer test*.
4. Pengecekan terhadap kualitas alat ukur serta sensor-sensor yang akan digunakan.
5. Mempersiapkan alat tulis dan tabel untuk pengambilan data.

3.2.2 Pengujian engine dengan menggunakan ECU standar berbahan bakar Pertamina (0% etanol).

Percobaan ini dilakukan pada putaran mesin yang bervariasi (*variable speed*) mulai dari putaran 2000 rpm hingga 8000 rpm. Pengaturan putaran mesin dilakukan melalui pembebanan mekanis pada poros *Waterbrake Dynamometer* yang terkopel dengan poros roller yang digerakkan oleh ban belakang sepeda motor Honda CB150R. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan selama pengujian mesin kondisi standar :

1. Menghidupkan mesin Honda CB150R pada putaran idle (\pm 1600 rpm) selama 10 menit untuk mencapai kondisi *steady state* atau stasioner.
2. Blower dihidupkan.
3. Menjalankan mesin dengan melakukan pemindahan gigi transmisi dari gigi 1 hingga gigi maksimum yaitu gigi 6, kemudian buka katup kupu-kupu hingga terbuka penuh (*fully open throttle*). Pada kondisi ini putaran mesin sebesar 11000 rpm dan merupakan putaran maksimum dari mesin Honda CB150R. Selama putaran maksimum, tidak dilakukan pembebanan pada *waterbrake dynamometer*.
4. Pemberian beban *waterbrake dynamometer* sehingga putaran mesin berada pada 2000 rpm untuk kemudian dilakukan pengambilan data untuk tiap kelipatan 1000 rpm hingga putaran terakhir 8000 rpm.
5. Jika putaran mesin sudah stabil maka pencatatan data dapat dilakukan meliputi data putaran poros *waterbrake dynamometer* (rpm), torsi (Lbf.ft), waktu konsumsi 25 ml bahan bakar pertamax (sekon), emisi CO (% volume), emisi HC (ppm volume), temperatur gas buang ($^{\circ}$ C), temperatur engine ($^{\circ}$ C), dan temperatur oli ($^{\circ}$ C).

3.2.3 Pengujian engine dengan menggunakan ECU SUMI-IT Sinjai 650FI berbahan bakar Pertamina (0% etanol).

Percobaan ini dilakukan pada putaran mesin yang bervariasi (*variable speed*) mulai dari putaran 2000 rpm hingga 8000 rpm. Pengaturan putaran mesin dilakukan melalui

pembebanan mekanis pada poros *Waterbrake Dynamometer* yang terkopel dengan poros roller yang digerakkan oleh ban belakang sepeda motor Honda CB150R dengan . Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan selama pengujian mesin kondisi standar :

1. Mengganti ECU standar honda CB150R dengan ECU SUMI-IT Sinjai 650Fi.
2. Menghidupkan mesin Honda CB150R pada putaran idle (\pm 1600 rpm) selama 10 menit untuk mencapai kondisi *steady state* atau stasioner.
3. Blower dihidupkan.
4. Menjalankan mesin dengan melakukan pemindahan gigi transmisi dari gigi 1 hingga gigi maksimum yaitu gigi 6, kemudian buka katup kupu-kupu hingga terbuka penuh (*fully open throttle*). Pada kondisi ini putaran mesin sebesar 11000 rpm dan merupakan putaran maksimum dari mesin Honda CB150R. Selama putaran maksimum, tidak dilakukan pembebanan pada *waterbrake dynamometer*.
5. Pembebanan *waterbrake dynamometer* sehingga putaran mesin berada pada 2000 rpm untuk kemudian dilakukan pengambilan data untuk tiap kelipatan 1000 rpm hingga putaran terakhir 8000 rpm.
6. Jika putaran mesin sudah stabil maka pencatatan data dapat dilakukan meliputi data putaran poros *waterbrake dynamometer* (rpm), torsi (Lbf.ft), waktu konsumsi 25 ml bahan bakar pertamax (sekon), emisi CO (% volume), , emisi CO₂ (% volume), emisi HC (ppm volume), temperatur gas buang (°C), temperatur head (°C), dan temperatur oli (°C).
7. Pada setiap tahap kenaikan putaran mesin dilakukan pencatatan data seperti pada poin 5 (lima). Dan harus diingat bahwa pencatatan data dilakukan pada saat putaran mesin dalam kondisi stabil.

3.2.4 Pengujian Engine dengan Menggunakan *ECU Programmable* SUMI-IT Sinjai 650FI Berbahan Bakar Bioetanol E100.

Pengujian engine dengan bahan bakar bioetanol E100 ini dilakukan bersama dengan variasi rasio kompresi yang dilakukan dari penelitian orang lain. rasio kompresi yang pertama yaitu 12:1, kemudian 12,5:1, dan terakhir 13:1. Dimana disetiap variasi kompresi akan dilakukan mapping ignition timing untuk pengujian unjuk kerjanya. adapun tahap dari pengujian engine kali ini, yaitu :

1. Memodifikasi ECU SUMI-IT Sinjai 650FI untuk kebutuhan mesin Honda CB150R.
2. Memastikan kembali kondisi kesiapan mesin, baik dari kondisi fisik, sistem kelistrikan, sistem pendingin, sistem pemasukan udara dan bahan bakar, sistem pengapian, kondisi alat ukur, dan mensetting ECU dengan memasukkan mapping awalan yang sudah *advanced*. Dimana settingan ini berupa mapping pengapian, durasi injeksi bahan bakar dan besarnya lambda yang diharapkan.
3. Mengosongkan tangki mandiri dan melakukan penggantian bahan bakar bensin dengan Bioetanol E100.
4. Memasukkan input data waktu pengapian 10° sebelum TMA ke penyetelan waktu pengapian (RPM/TPS Ignition) hingga waktu pengapian 26° sebelum TMA dengan interval 4°. Inputan data ini dimasukkan ke semua data pada bukaan TPS 79-99%.
5. Menghidupkan mesin selama 10 menit pada putaran idle agar kondisi mesin stasioner (*steady state*) sebelum pengujian dimulai.
6. Blower dihidupkan.
7. Menjalankan mesin dengan melakukan pemindahan gigi transmisi dari gigi 1 hingga gigi maksimum yaitu gigi 6, kemudian buka katup kupu-kupu hingga terbuka penuh (*fully open throttle*). Pada kondisi ini putaran mesin sebesar 11000 rpm dan merupakan putaran maksimum dari mesin

Honda CB150R. Selama putaran maksimum, tidak dilakukan pembebanan pada *waterbrake dynamometer*.

8. Pembebanan *waterbrake dynamometer* sehingga putaran mesin berada pada 2000 rpm untuk kemudian dilakukan pengambilan data untuk tiap kelipatan 1000 rpm hingga putaran terakhir 8000 rpm.
9. Jika putaran mesin sudah stabil maka pencatatan data dapat dilakukan meliputi data putaran mesin (rpm), torsi (Lbf.ft), waktu konsumsi 25 ml bahan bakar premium (sekon), emisi CO (% volume), emisi HC (ppm volume), temperatur gas buang (°C), temperatur engine (°C), dan temperatur oli (°C).
10. Pada setiap tahap kenaikan putaran mesin dilakukan pencatatan data seperti pada poin 9 (sembilan). Dan harus diingat bahwa pencatatan data dilakukan pada saat putaran mesin dalam kondisi stabil.
11. Ulangi langkah 4-8 untuk variasi mapping advance ignition timing yang terbaik.

3.2.5 Akhir pengujian

1. Pengujian berakhir setelah semua data dicatat.
2. Setelah pengujian selesai, pembebanan pada *waterbrake dynamometer* diturunkan secara perlahan-lahan.
3. Putaran mesin diturunkan hingga kondisi idle ($1600 \pm$ rpm).
4. Pada saat putaran idle, mesin dibiarkan sekitar lima menit sebelum dimatikan. Setelah itu mesin dapat dimatikan.

3.3 Spesifikasi Alat Uji

Dalam pengujian ini mesin yang digunakan yaitu mesin dari motor Honda CB150R dengan spesifikasi seperti berikut :

3.3.1 Engine



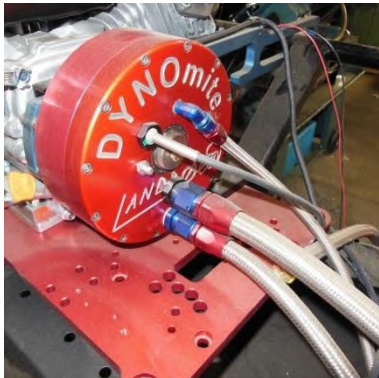
Gambar 3.1 Sepeda motor Honda CB150R

- Dimensi : 2,008 x 719 x 1,061 mm
- Jarak sumbu roda : 1,288 mm
- Berat : 129 kg
- Jenis rangka : *Diamond Steel (Trus Frame)*
- Suspensi : Depan : Teleskopik ;
Belakang : Lengan ayun dengan
suspensi tunggal
- Jenis ban : *Tubeless*
- Ukuran ban : 80/90 ; 100/80
- Jenis rem : Cakram hidrolik untuk depan
dan belakang
- Transmisi : 6 kecepatan
- Sistem pengapian : *Full transistorized*
- Mesin :
- Tipe : 4 – langkah silinder
tunggal (kemiringan 40°
dari vertikal)

Sistem klep	: <i>DOHC</i>
Diameter bore	: 63,5 mm
Panjang langkah	: 47,2 mm
Rasio kompresi	: 11,0:1
Katup in membuka	: 5° <i>BTDC</i> (pada pengangkatan 1,00 mm)
Katup in menutup	: 35° <i>ABDC</i> (pada pengangkatan 1,00 mm)
Katup exhaust membuka	: 35° <i>ABDC</i> (pada pengangkatan 1,00 mm)
Katup exhaust menutup	: 5° <i>BTDC</i> (pada pengangkatan 1,00 mm)
Daya maksimum	: 12,5 KW (17,0 PS) / 10000 rpm
Torsi maksimum	: 13,1 Nm (1,34 Kgf.m) / 8000 rpm

3.3.2 Alat Uji

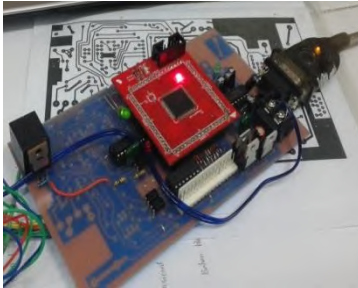
Alat pengujian menggunakan *Waterbrake Dynamometer* dengan spesifikasi



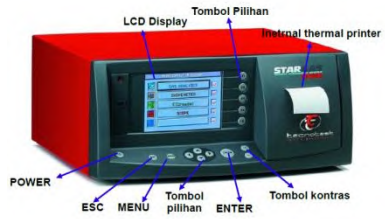
Gambar 3.2 Waterbrake Dynamometer

- Merk : *DYNomite Land Sea*
- Ukuran : 7" single rotor absorber

- Kebutuhan air : Minimum 1 G.P.M
 - Kemampuan air : Pengukuran sampai 20 Hp
- Adapun alat pendukung untuk penelitian ini, yaitu seperti pada gambar berikut :



(a)



(b)



(c)



(d)



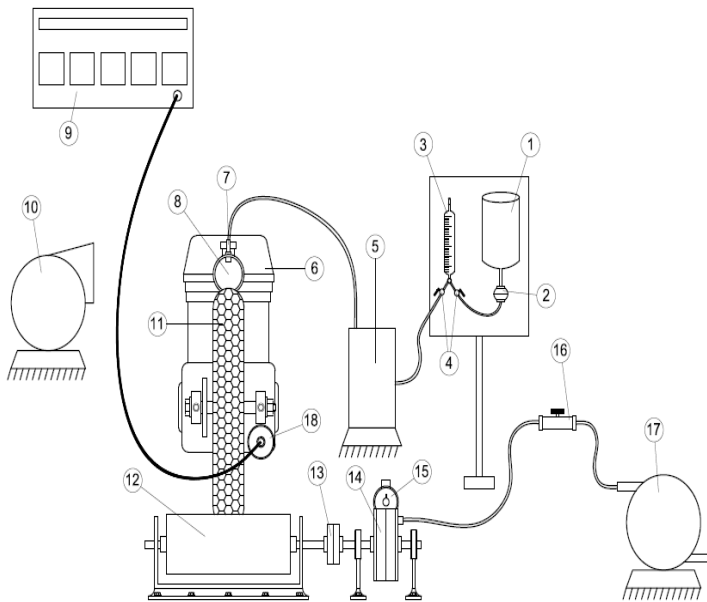
(e)



(f)

Gambar 3.3 (a) ECU progamable SUMI-IT, (b) Exhaust gas analyzer, (c) Blower, (d) Stopwatch, (e) Gelas ukur, (f) Roller

3.4 Instalasi Peralatan Pengujian

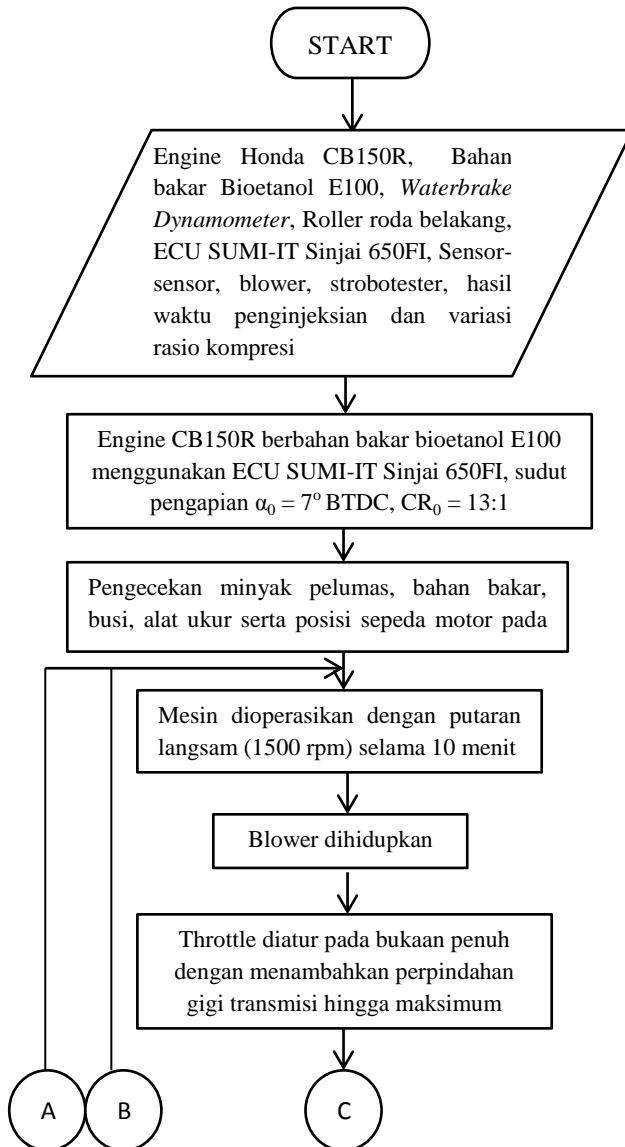


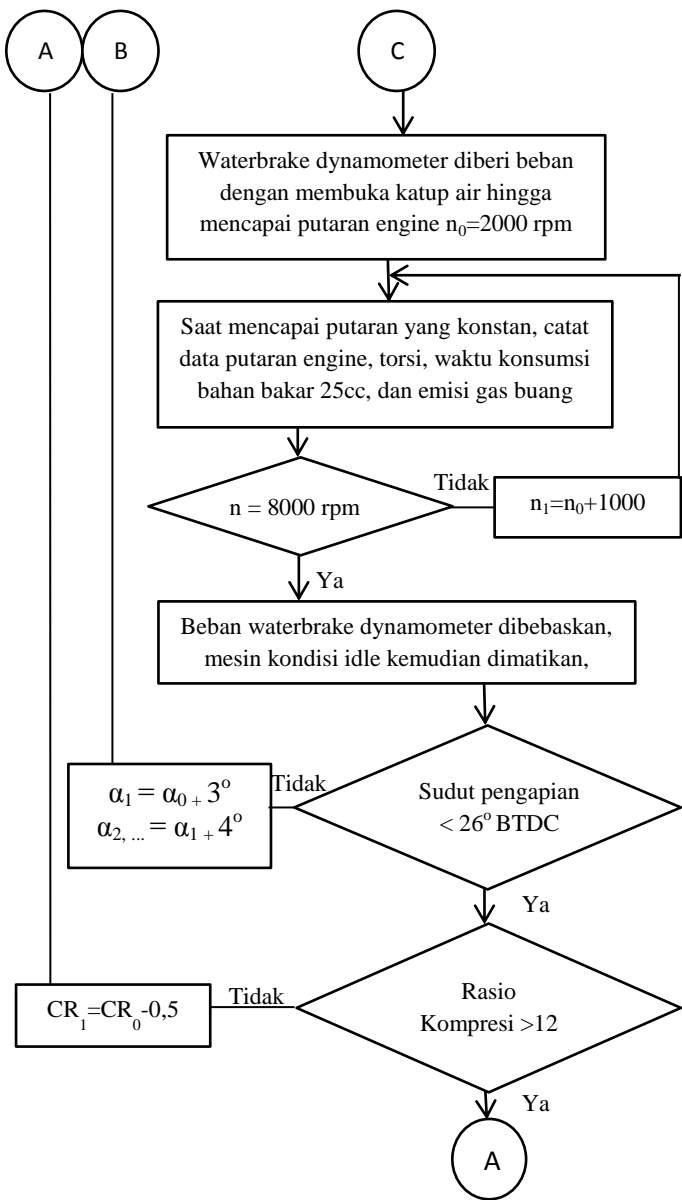
Gambar 3.4 Skema Pengujian

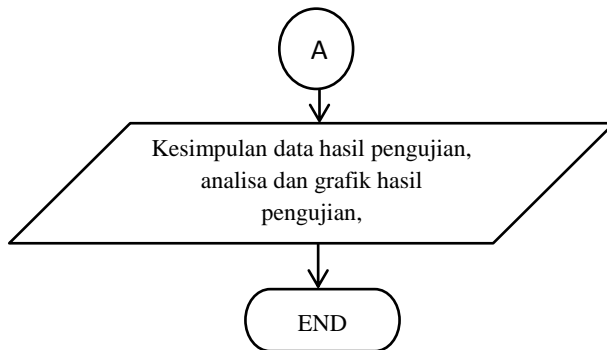
Keterangan:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Tangki bahan bakar | 10. Blower |
| 2. Filter bahan bakar | 11. Roda belakang |
| 3. Gelas ukur | 12. Roller roda belakang |
| 4. Katup bahan bakar | 13. Kopling |
| 5. Pompa bahan bakar | 14. Waterbrake dynamometer |
| 6. <i>Engine</i> Honda | 15. Pembaca torsi (<i>Load Cell</i>) |
| 7. Injektor | 16. Katup air (pembebanan) |
| 8. <i>Throttle body</i> | 17. Pompa air |
| 9. <i>Gas analyzer</i> | 18. Knalpot |

3.5 Flowchart Penelitian







3.6 Rancangan Eksperimen

Tabel 3.1 Tabel rancangan Eksperimen

Parameter Input		Variasi	Diukur	Dihitung
	Spark Angle (BTDC)	Engine Speed (Rpm)		
Bahan Bakar : PERTAMAX (E0) BIOETANOL (E100)			- Putaran Poros Engine (Rpm) - Waktu Konsumsi Bahan Bakar - Emisi CO, HC	- Daya - Bmep - Torsi - Sfc - Efisiensi Thermal - AFR
Pemetaan Pengeinjeksian terbaik dari Bahan Bakar secara MBT : 100 %, 125%, 150%, 175%, 200% dari pengeinjeksian standar CR = 13;1, 12,5;1, 12;1	10° 14° 18° 22° 26°	2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000.	- Kondisi Operasional Engine: - Temperatur Engine (°C) - Temperatur Oli (°C) - Temperatur Exhaust (°C)	

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

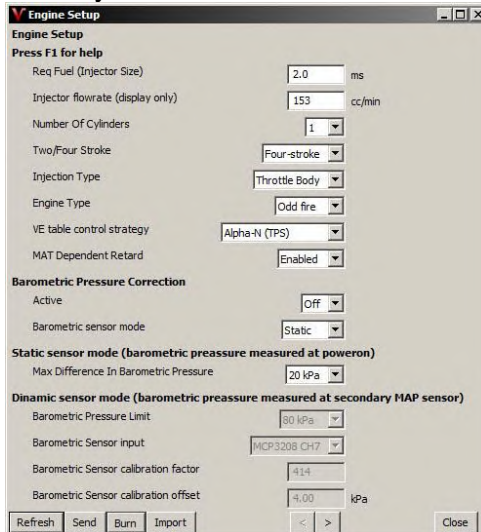
4.1 Penyetelan Electronic Control Unit

Dalam pengujian ini menggunakan ECU SUMI-IT Sinjai 650cc FI yang telah dimodifikasi sehingga dapat digunakan pada sepeda motor Honda CB150R. Setelah ECU terpasang pada sepeda motor, hal yang dilakukan adalah menyetel ECU sesuai dengan kebutuhan variasi pengujian.

4.1.1 Engine setup

Pada menu engine setup berisi informasi spesifikasi engine, seperti injector size, injector flowrate, jumlah silinder serta strategi pembacaan posisi piston.

Injector size adalah durasi penyemprotan bahan bakar setiap siklus. Semakin besar injector size, maka durasi waktu penyemprotan bahan bakar dalam satu siklus semakin lama, begitu juga sebaliknya.



The screenshot shows the 'Engine Setup' window with the following settings:

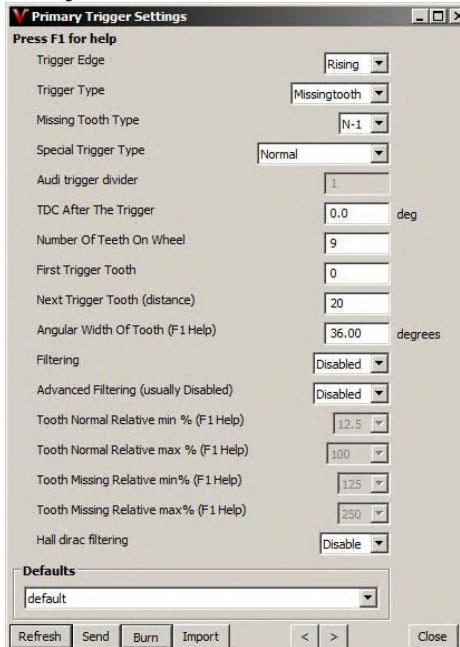
- Engine Setup**
 - Req Fuel (Injector Size): 2.0 ms
 - Injector flowrate (display only): 153 cc/min
 - Number Of Cylinders: 1
 - Two/Four Stroke: Four-stroke
 - Injection Type: Throttle Body
 - Engine Type: Odd fire
 - VE table control strategy: Alpha-N (TPS)
 - MAT Dependent Retard: Enabled
- Barometric Pressure Correction**
 - Active: Off
 - Barometric sensor mode: Static
- Static sensor mode (barometric pressure measured at poweron)**
 - Max Difference In Barometric Pressure: 20 kPa
- Dinamic sensor mode (barometric pressure measured at secondary MAP sensor)**
 - Barometric Pressure Limit: 80 kPa
 - Barometric Sensor input: MCP3208 CH7
 - Barometric Sensor calibration factor: 414
 - Barometric Sensor calibration offset: -4.00 kPa

Buttons at the bottom: Refresh, Send, Burn, Import, navigation arrows, and Close.

Gambar 4.1 Mode Engine setup

4.1.2 Primary Trigger Setting

Digunakan untuk mengatur posisi trigger tiap mesin. Pada engine Honda CB150R, digunakan 10 teeth pada satu putaran engkol tipe missing tooth. Dimana terdapat satu gigi yang hilang untuk mengetahui TDC after the trigger. TDC after the trigger adalah derajat letak sensor dari titik mati atas



Gambar 4.2 Mode Primary Trigger Setting

Sedangkan untuk tuning engine digunakan tabel setup RPM/TPS VE(%) dan RPM/TPS Ignition Timing ($^{\circ}$ BTDC).

4.1.3 Penyetelan Bahan Bakar

Di dalam penyetelan bahan bakar, adadua sumbu yang menunjukkan setelahjumlah bahan bakar yang disemprotkan. Dimana sumbu vertikal menunjukkan pembukaan katup kupu-

kupu dalam bentuk persentase bukaan. Sedangkan sumbu horizontal menunjukkan putaran yang digunakan.

	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000
100	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
90	130	130	130	131	131	132	132	131	130	130	129	128	127	126	124	124
80	123	122	118	116	115	113	111	109	107	106	107	108	107	107	105	104
70	118	117	116	113	111	110	109	108	106	105	106	107	106	105	105	105
60	110	109	107	103	101	99	97	96	94	92	90	88	88	87	86	85
50	98	96	96	95	94	93	92	92	91	90	89	89	89	88	88	88
40	86	86	85	84	84	83	82	81	80	80	79	79	79	79	78	78
30	80	80	79	78	77	77	77	76	76	75	75	74	74	74	73	73
25	76	74	73	72	70	70	69	69	68	67	66	65	64	64	63	62
20	73	69	67	67	67	66	66	66	65	65	63	60	60	60	59	59
15	61	60	59	54	53	52	51	51	48	46	46	46	45	45	44	43
10	53	51	50	42	41	40	38	37	36	36	35	35	35	35	35	35
5	35	35	35	34	34	34	33	32	32	31	31	31	31	31	31	31
0	30	29	27	25	24	24	23	23	22	21	20	19	18	16	16	14

Gambar 4.3 Tabel RPM/TPS Fuel VE

Dalam tabel VE tersebut terdapat angka yang berbeda-beda. Angka 120, 131, 175, dan lain lain menunjukkan persentase dari injector size pada engine setup. Presentase 175 berarti 175% dari injection size standar dari engine Honda CB150R. Pada bukaan katupkupu-kupu 0 hanya diisi sejumlah bahan bakar sampai putaran 1500 rpm. Hal ini dikarenakan pada bukaan katup 0 difungsikan sebagai kondisi mesin pada keadaan idle. Selain itu, semakin besar bukaan katup menunjukkan semakin banyak pula udara yang masuk sehingga persentase bahan bakar diperbesar untuk mencapai keadaan stoikiometri. Semakin tinggi putaran engine, dibutuhkan durasi injeksi yang semakin lama seiring dengan naiknya laju aliran massa udara.

Pada pengujian ini menggunakan bahan bakar bioethanol yang mempunyai rasio stoikiometri sebesar 9:1. Sedangkan engine yang dipakai dalam pengujian ini memiliki spesifikasi AFR sebesar 14,7:1. maka dari itu untuk mencapai AFR yang mendekati stoikiometri dilakukan memperbanyak persentase bahan bakar yang masuk setiap putaran engine.

4.1.4 Penyetelan Waktu Pengapian

Pada menu penyetelan waktu pengapian terdapat dua sumbu yang menunjukkan satelan waktu pengapian. Dimana sumbu vertikal menunjukkan bukaan katup kupu-kupu dalam bentuk persentase bukaan, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan besarnya putran engine yang digunakan

	1500	2000	3000	3500	4000	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000
100	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
90	7.00	7.00	8.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00
80	7.00	7.00	8.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00
70	7.00	7.00	8.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00
60	6.00	7.00	8.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00
50	6.00	6.00	8.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00
40	5.00	6.00	8.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00
30	5.00	6.00	8.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00
20	5.00	6.00	8.00	8.00	8.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00
10	5.00	6.00	7.00	8.00	8.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00
5	4.00	5.00	7.00	8.00	8.00	9.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00
0	4.00	5.00	7.00	8.00	8.00	9.00	11.00	12.00	13.00	14.00	16.00	19.00

Gambar 4.4 Tabel RPM/TPS Mapping Ignition

Pada tabel di atas, angka 10, 14, dan lainnya menunjukkan derajat pengapian sebelum TMA (BTDC). sebelum menemukan setelan pengapian yang sesuai, maka digunakan data sheet seperti diatas sampai bukaan katup < 99%. Pengambilan data dilakukan pada bukaan katup kupu-kupu 99-100%. sehingga waktu pengapian bernilai sama untuk setiap putaran engine.

4.2 Perhitungan

Di dalam penelitian ini, terdapat parameter parameter yang dihitung dan parameter yang diukur. Parameter yang dihitung adalah daya efektif (bhp), tekanan efektif rata-rata (bmep), konsumsi bahan bakar spesifik (sfc), dan efisiensi thermal. Sedangkan parameter parameter yang diukur adalah Torsi (Kg.m), waktu konsumsi bahan bakar, emisi gas buang meliputi CO, HC. Dalam penelitian ini sistem satuan yang

digunakan yaitu sistem satuan SI. Berikut adalah contoh perhitungan unjuk kerja engine untuk variasi CR=13 dan ignition timing 18° BTDC berbahan bakar bioethanol E100 pada putaran 7000 rpm. Adapun data yang diukur dari penelitian ini yang merupakan data awal untuk perhitungan adalah :

- Torsi = 1,781 Kgf.m
- Putaran Engine = 7000 rpm
- Waktu konsumsi bahan bakar = 20,35 sec
- Temperatur Engine = 128 °C
- Temperatur Oli = 113 °C
- Temperatur Gas Buang = 636 °C
- Emisi CO = 2,612 %
- Emisi HC = 81

4.2.1 Perhitungan Torsi

Dari hasil pengujian didapatkan nilai torsi pada saat putaran mesin sebesar 7000 rpm adalah sebesar 1,781 Kgm. Pada penelitian ini satuan yang digunakan yaitu sistem satuan SI, maka hasil pengukuran torsi tersebut harus dikonversikan. Konversi yang dilakukan sebagai berikut :

$$T = 1,781 \text{ Kgf.m} \times \frac{9,80665 \text{ N}}{1 \text{ Kgf}} = 17,466 \text{ Nm}$$

4.2.2 Perhitungan Daya

daya yang dihasilkan oleh motor pembakaran dalam ada 3 jenis, yaitu *brake horse power (bhp)*, *indicative horse power (ihp)*, *friction horse power (fhp)*. Daya yang digunakan dalam perhitungan ini adalah brake horse power (bhp). Untuk mendapatkan bhp, digunakan data-data sebagai berikut :

- Torsi = 17,466 Nm
- Putaran engine = 7000 rpm = 116,67 rps

Rumus :

$$\text{Bhp} = 2 \times \pi \times n \times T$$

$$\text{Bhp} = 2 \times 3,14 \times 116,7 \frac{1}{s} \times 17,466 \text{ Nm}$$

$$\text{Bhp} = 13021,917 \text{ Watt} = 13,021 \text{ KW}$$

4.2.3 Perhitungan Tekanan Efektif Rata-rata (Bmep)

Untuk melakukan perhitungan tekanan efektif rata-rata diperlukan beberapa parameter dari karakteristik mesin. adapun data mesin dan perhitungan tekanan efektif rata-rata adalah sebagai berikut :

- Diameter Piston (D) = 63,5 mm
- Panjang Langkah (l) = 47,2 mm
- Jumlah Silinder (i) = 1
- z = 2 (motor 2 langkah)
- Putaran mesin = 7000 rpm

Dari data di atas dapat dicari :

Luas permukaan piston (A) :

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 = \frac{3,14}{4} \times (0,0635\text{m})^2 = 0,003166922 \text{ m}^2$$

Rumus :

$$\begin{aligned} b_{mep} &= \frac{(bhp \times z)}{(A \times L \times n \times i)} \\ b_{mep} &= \frac{(13021,917 \text{ Watt} \times 2)}{(0,003166922 \text{ m}^2 \times 0,0472 \text{ m} \times 116,7 \frac{1}{s} \times 1)} \\ b_{mep} &= 734150,557 \text{ Pa} = 734,15 \text{ KPa} \end{aligned}$$

4.2.4 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Data awal : - Waktu konsumsi bahan bakar = 20,35 s

Dari data awal dan hasil perhitungan sebelumnya di atas, dapat dihitung konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) dari engine.

Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$sfc = \frac{\dot{m}_{bb}}{bhp}$$

Oleh karena itu perlu dihitung pula besarnya laju aliran bahan bakar yang masuk melalui port inlet engine.

$$\begin{aligned} \dot{m}_{bb} &= \frac{\rho_{Ethanol} \times Volume_{BB}}{waktu} \\ \dot{m}_{bb} &= \frac{794 \frac{Kg}{m^3} \times 25 \cdot 10^{-6} m^3}{20,35 s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_{bb} &= 0,000975 \text{ Kg/s} \\ \text{sfc} &= \frac{0,000975 \text{ Kg/s}}{13021,917 \text{ Watt}} \times \frac{1000 \text{ Watt}}{1 \text{ KW}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ jam}} \\ \text{sfc} &= 0,00027 \text{ Kg/KWjam}\end{aligned}$$

4.2.5 Perhitungan Effisiensi Thermal (η_{th})

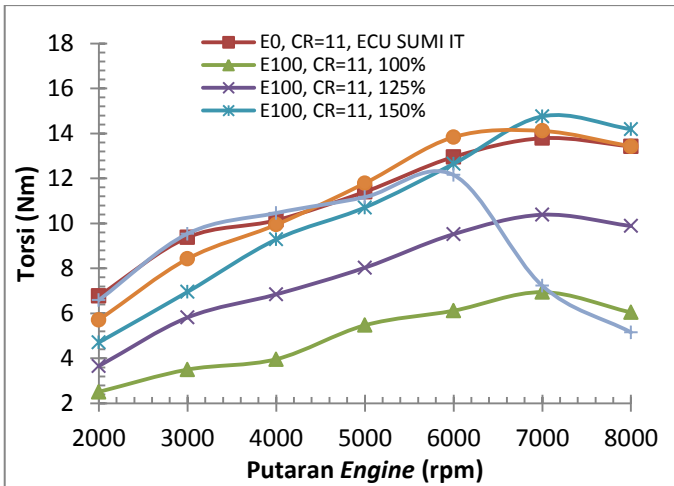
Data :

- Bhp = 13021,917 Watt
 - LHV_{ethanol} = 26950000 J/Kg
 - $\dot{m}_{bb} = 0,000975 \text{ Kg/s}$
- $$\eta_{th} = \frac{bhp}{(\dot{m}_{bb} \cdot Q_{bb})} \times 100\%$$
- $$\eta_{th} = \frac{13021,917 \text{ Watt}}{(0,000975 \text{ Kg/s} \times 26950000 \text{ J/Kg})} \times 100\%$$
- $$\eta_{th} = 49,5 \%$$

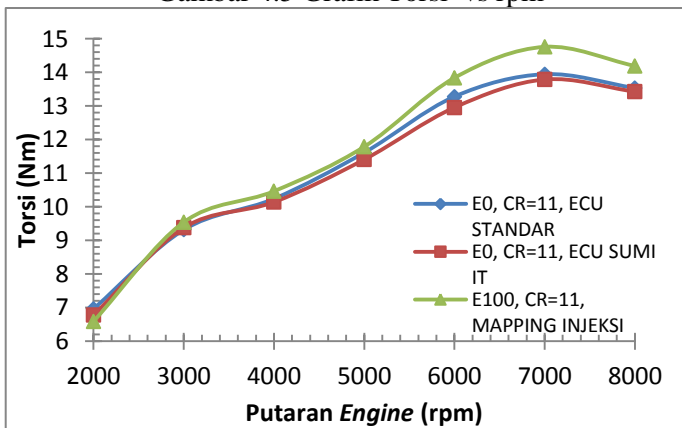
4.3 Mapping Timing Pengapian

4.3.1 Mapping Injeksi Bahan Bakar

Penelitian ini menggunakan bahan bakar bioethanol E100 pada engine Honda CB150R dengan beragam rasio kompresi 12, 12,5 dan 13 serta variasi ignition timing 10°BTDC hingga 26°BTDC dengan interval 4°. Pengujian ini dilakukan pada putaran rpm 2000 hingga 8000 dengan interval 1000 rpm. Pertama yang dilakukan adalah mengatur injeksi bahan bakar yang semula mempunyai kapasitas penyemprotan 153cc/menit. hal ini dilakukan karena engine yang dipergunakan adalah mesin dengan stoikiometri bahan bakar sebesar 14,7:1. Sedangkan bahan bakar yang digunakan adalah bioethanol E100 yang mempunyai stoikiometri 9:1. Maka dari itu perlu dilakukan mapping injeksi bahan bakar pada engine Honda CB150R ini.



Gambar 4.5 Grafik Torsi vs rpm

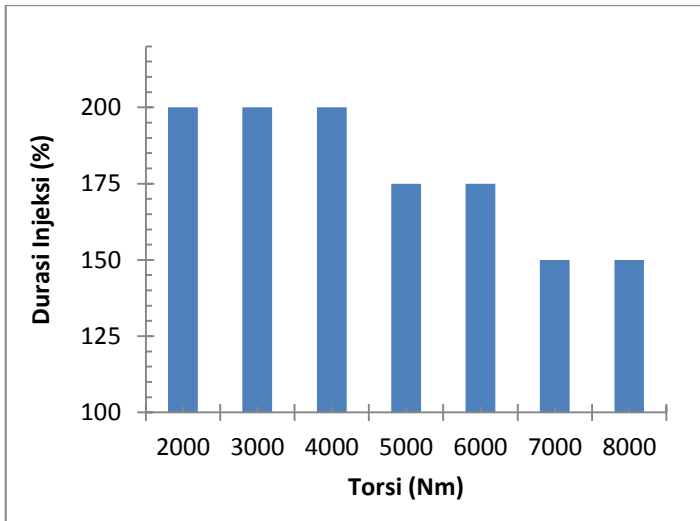


Gambar 4.6 Torsi mapping injeksi vs rpm

Grafik di atas merupakan pengujian mapping injeksi bahan bakar terhadap engine Honda CB150R berbahan bakar pertamax (E0) dan bioethanol (E100). Mapping injeksi bahan bakar yang dilakukan adalah menambah besar injeksi bahan bakar yang masuk, dari 100% hingga 200%. persentase angka

menunjukkan injection size yang diatur pada menu penyetelan engine di software VEMS yang dihubungkan dengan ECU SUMI-IT. Mapping injeksi bahan bakar ini dilakukan dengan metode *Maximum Best Torque (MBT)*. Pada pemakaian bahan bakar bioethanol dengan mapping injeksi 100% torsi mengalami penurunan sebesar 49,64% dari torsi bahan bakar pertamax (E0). Maka dari itu untuk meningkatkan torsi engine Honda CB150R berbahan bakar bioethanol E100 dibutuhkan mapping injeksi. Pada mapping injeksi 125% torsi meningkat dari mapping injeksi 100% sebesar 33,14%, namun masih berada dibawah dari torsi bahan bakar pertamax (E0). Pada mapping injeksi 150% torsi mulai meningkat sebesar 29,64% terhadap torsi mapping injeksi 125% dan 6,58% terhadap torsi bahan bakar pertamax (E0). Pada mapping 175% torsi meningkat sebesar 2,29% terhadap torsi bahan bakar pertamax (E0), namun mengalami penurunan sebesar 4,39% terhadap mapping injeksi 150%. Dan pada mapping injeksi 200% torsi mengalami penurunan signifikan sebesar 47,6% terhadap torsi bahan bakar pertamax(E0) dan 95% terhadap mapping injeksi 175%.

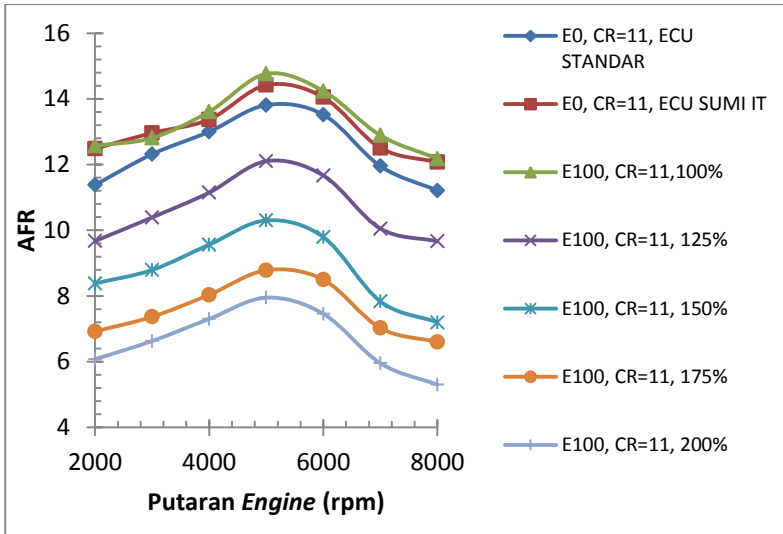
Dari hasil mapping injeksi dengan metode MBT, didapat mapping yang optimal untuk engine Honda CB150R berbahan bakar bioethanol E100 yaitu pada putaran engine 2000 dan 4000 rpm terbaik pada mapping injeksi bahan bakar 200%, putaran engine 5000 dan 6000 rpm pada mapping injeksi bahan bakar 175%, serta pada putaran 7000 dan 8000 rpm pada mapping injeksi bahan bakar 150%.



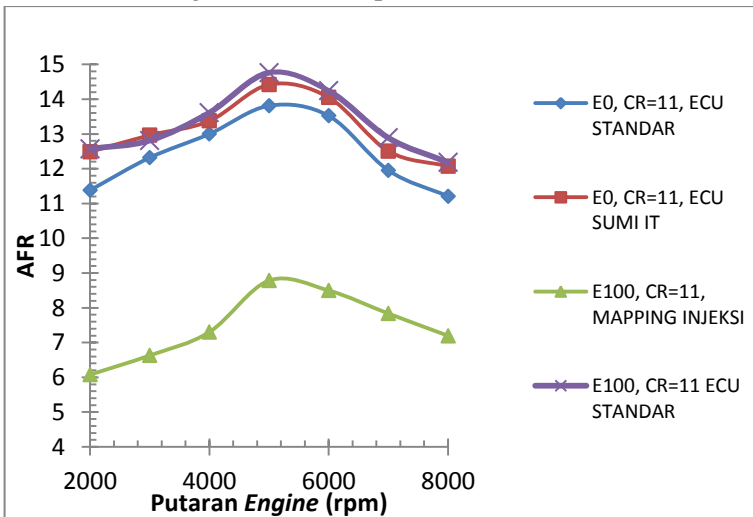
Gambar 4.7 Grafik mapping injeksi bahan bakar optimal tiap putaran engine

4.3.2 Analisa Air Fuel Ratio

Air Fuel Ratio merupakan ukuran perbandingan antara massa udara dan massa bahan bakar per satuan waktu. Dimana ukuran tersebut akan dibandingkan dengan nilai AFR teoritis. Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah pertamax (E0) dan bioethanol (E100) yang mempunyai AFR teoritis 9:1. Sedangkan AFR teoritis dari bahan bakar pertamax adalah 14,7:1. Bila ukuran massa udara dan massa bahan bakar per satuan waktu lebih besar dari nilai teoritisnya, maka campuran bahan bakar dan udara dikategorikan ke dalam campuran miskin (*lean*). Sebaliknya bila ukuran massa bahan bakar dan massa udara bernilai di bawah nilai AFR teoritisnya, maka campuran bahan bakar dan udara dikategorikan sebagai campuran kaya (*rich*).



Gambar 4.8 grafik AFR vs rpm bahan bakar E0 dan E100



Gambar 4.9 Grafik AFR fungsi putaran engine (rpm)

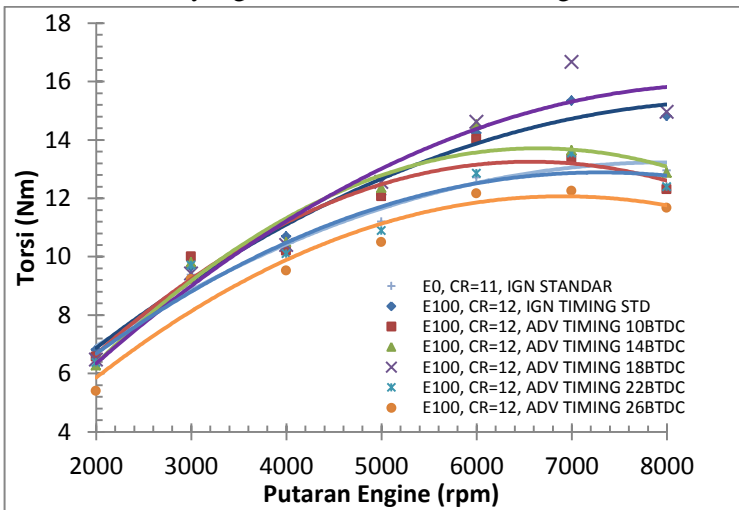
Pada grafik di atas menggambarkan tren dari setiap AFR engine Honda CB 150 R pada rasio kompresi standar. Tren dari

grafik diatas cenderung sama, yaitu dari rpm bawah AFR cenderung naik hingga mencapai puncak pada putaran engine menengah dan akhirnya turun dengan bertambahnya putaran engine. Terlihat pada putaran 2000 hingga 3000 mesin dalam keadaan campuran kaya. Hal ini disebabkan saat mesin mengalami pembebanan yang besar, maka disertai dengan turunnya putaran mesin. Ketika putaran mesin turun maka laju aliran massa udara akan ikut turun. Pada keadaan tersebut kondisi AFR berada di campuran kaya (rich), dikarenakan laju aliran massa bahan bakar tetap, sedangkan laju aliran massa udara turun seiring turunnya putaran mesin. Dalam keadaan mesin standar, AFR untuk bahan bakar bioethanol (E100) cenderung berada di atas AFR bahan bakar pertamax (E0) menggunakan ECU standar dan ECU SUMI-IT.

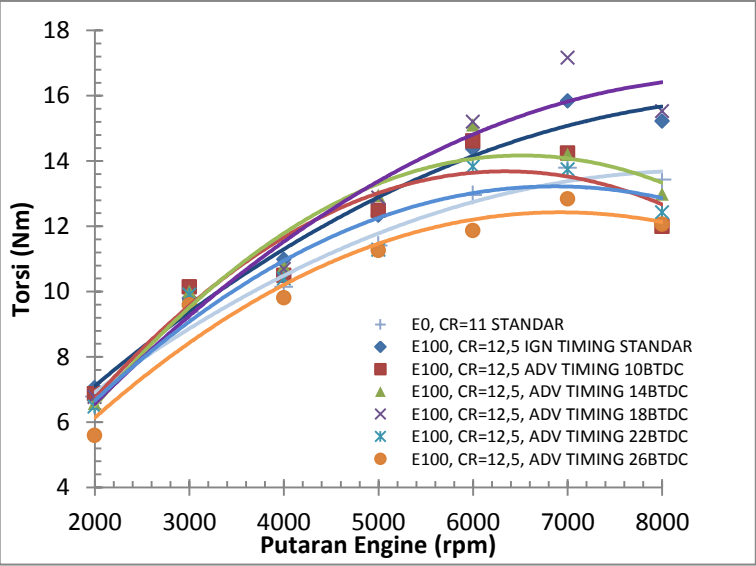
Hal ini menguatkan hipotesa mengenai pengaruh nilai heat of vaporization dari kedua bahar bakar di atas terhadap proses pembakaran. Dengan nilai heat of vaporization bioethanol (E100) lebih besar dibanding pertamax (E0), diperkirakan menurunkan temperatur ruang bakar dan menyebabkan nilai densitas dari udara naik. Seiring dengan naiknya densitas udara, maka campuran bahan bakar dan udara dalam proses pembakaran juga cenderung campuran miskin (lean). Sementara stoikiometri untuk bahan bakar bioethanol E100 sebesar 9:1. Maka untuk pertama perlu dilakukan mapping injeksi untuk engine Honda CB150R. Dari grafik diatas terdapat garis AFR dari mapping injeksi yang optimal untuk bahan bakar bioethanol E100. Untuk AFR ethanol yang tidak dilakukan mapping injeksi mempunyai rata-rata 13,296. Sedangkan AFR untuk ethanol yang telah dilakukan mapping injeksi adalah 7,474.

4.3.3 Analisa Torsi

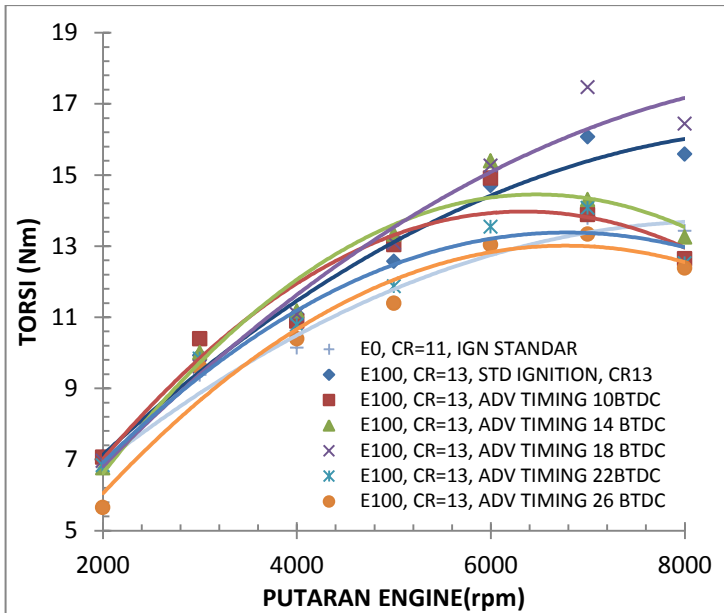
Dari grafik torsi fungsi rpm, terlihat adanya tren keanikan torsi mulai dari putaran rendah hingga mencapai torsi maksimum pada putaran tertentu. kemudian torsi mengalami penurunan pada putaran lebih tinggi. Hal ini disebabkan, semakin tinggi putaran engine maka turbulensi aliran yang masuk ke ruang bakar akan semakin tinggi dan menyebabkan pencampuran bahan bakar dan udara semakin baik serta perambatan api juga semakin cepat sehingga torsi akan meningkat. Setelah putaran mesin semakin tinggi maka akan semakin besar kerugian-kerugian yang terjadi, seperti kerugian berupa gesekan dan adanya pembakaran yang kurang sempurna. semakin tinggi putaran engine maka friksi yang terjadi juga semakin besar. Selain itu pembakaran campuran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar juga memerlukan waktu. Ketika putaran tinggi, maka dimungkinkan pengapian yang terjadi tidak cukup cepat untuk membakar seluruh bahan bakar dalam ruang bakar, atau dengan kata lain semakin banyak sisa bahan bakar yang belum terbakar dalm ruang bakar.



Gambar 4.10 Grafik torsi fungsi rpm pada CR 12



Gambar 4.11 Grafik Torsi vs rpm pada CR 12,5



Gambar 4.12 Grafik Torsi vs rpm pada CR 13

4.3.3.1 Mapping Ignition Timing

Tabel 4.1 Mapping Ignition timing E100 CR = 12

RPM	ADV TIMING	TORSI (Nm)
2000	10 ° BTDC	6,570
3000	10 ° BTDC	10,003
4000	14 ° BTDC	10,493
5000	18 ° BTDC	12,553
6000	18 ° BTDC	14,612
7000	18 ° BTDC	16,671
8000	18 ° BTDC	14,808

Tabel 4.2 Mapping Ignition timing E100 CR = 12,5

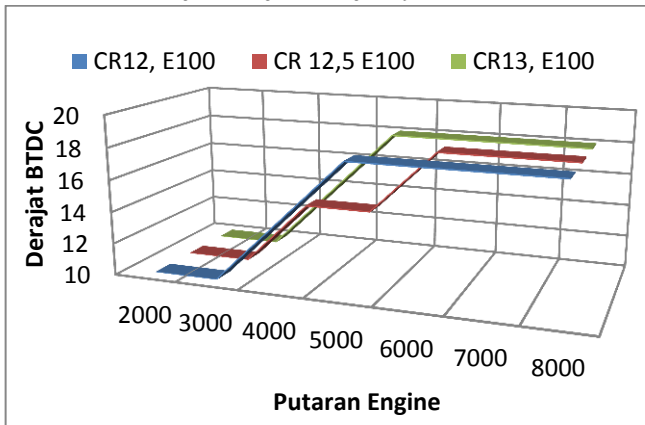
RPM	ADV TIMING	Torsi (Nm)
2000	10° BTDC	6,864655
3000	10° BTDC	10,14497943
4000	14° BTDC	10,787315
5000	14° BTDC	12,944778
6000	18° BTDC	15,2003075
7000	18° BTDC	17,1616375
8000	18° BTDC	15,02967179

Tabel 4.2 Mapping Ignition timing E100 CR = 12,5

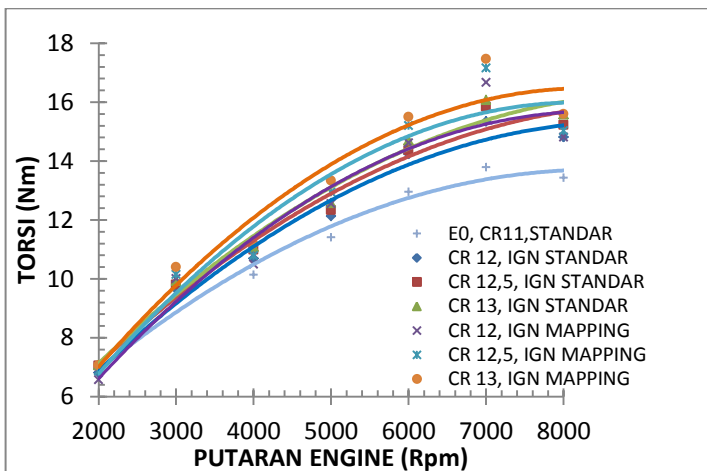
RPM	ADV TIMING	TORSI (Nm)
2000	10 ° BTDC	7,060788
3000	10 ° BTDC	10,395049
4000	14 ° BTDC	11,179581
5000	18 ° BTDC	13,337044
6000	18 ° BTDC	15,494507
7000	18 ° BTDC	17,46564365
8000	18 ° BTDC	15,5925735

Dari data tabel diatas adalah hasil mapping waktu pengapian yang optimal dengan menggunakan metode *Maximum Best Torque* (MBT). Untuk setiap mapping waktu pengapian yang diberikan, diambil mapping waktu pengapian yang menghasilkan torsi terbesar di setiap putaran mesin. Terlihat bahwa waktu pengapian yang optimal untuk engine Honda CB150R berbahan bakar bioethanol E100 antara rentang 10° hingga 18° pada putaran 2000 sampai 8000 rpm. Tidak menutup kemungkinan bahwa pada putaran engine di atas 8000 rpm waktu pengapian akan

mengalami perubahan juga. Hal ini akan diterapkan pada pengambilan data unjuk kerja selanjutnya.



Gambar 4.13 mapping waktu pengapian metode MBT untuk Honda CB150R berbahan bakar bioethanol E100



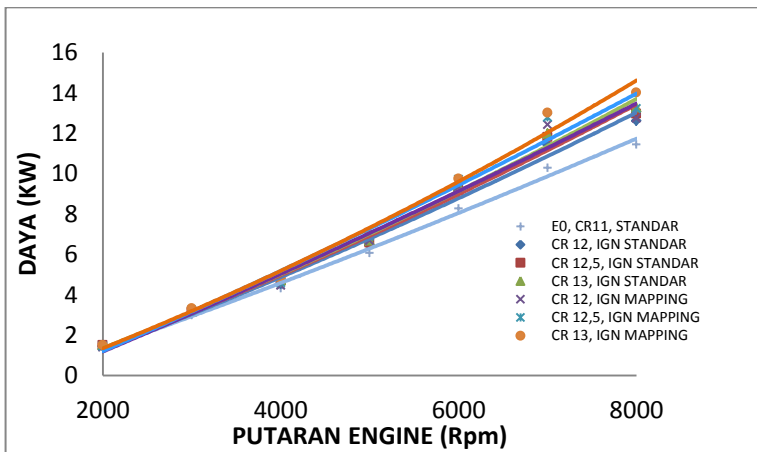
Gambar 4.14 Torsi mapping vs rpm

Besarnya torsi berbanding lurus dengan tekanan yang dihasilkan di dalam ruang bakar. Apabila tekanannya tinggi maka torsi yang dihasilkan tinggi. Pada grafik torsi fungsi rpm didapatkan torsi tertinggi bergeser ke kanan seiring dengan bertambahnya waktu pengapian. Pada pengapian 10° dan 14° BTDC memiliki torsi tertinggi pada rpm rendah hingga menengah, tetapi nilai torsi turun seiring bertambahnya rpm setelah nilai torsi terbesar. Hal ini dikarenakan semakin cepat putaran mesin, dengan kecepatan rambat api yang sama, dibutuhkan waktu pengapian yang lebih cepat. Sedangkan pada putaran tinggi, dengan waktu pengapian $10^\circ - 14^\circ$ BTDC, piston mengalami ekspansi saat proses pembakaran belum mencapai peak pressure. Tekanan yang kurang maksimal ini mengakibatkan gaya dorong piston juga tidak maksimal sehingga nilai torsi menjadi turun.

Pada mapping 10° BTDC nilai torsi mengalami penurunan terhadap torsi mapping waktu pengapian standar di semua kondisi rasio kompresi, nilai torsi menurun sebesar 9,37% pada CR 12, 8,39% pada CR 12,5, dan 7,83% pada CR 13. Pada mapping 14° BTDC nilai torsi masih mengalami penurunan terhadap torsi mapping waktu pengapian standar pada semua rasio kompresi yaitu menurun sebesar 5,68% pada CR 12, 8,39% pada CR 12,5, dan 4,39% pada CR 13. Pada mapping 18° BTDC nilai torsi mengalami kenaikan terhadap mapping waktu pengapian standar pada semua kompresi rasio, yaitu naik sebesar 8% pada CR 12, 7,71% pada CR 12,5, dan 7,97% pada CR 13. Kemudian pada mapping waktu pengapian 22° dan 26° BTDC nilai torsi mengalami penurunan yang cenderung besar. Hal ini disebabkan oleh waktu pengapian yang terlalu maju menyebabkan proses pembakaran belum pada kondisi ambient ruang bakar yang terlalu rendah.

4.3.4 Analisa Daya Efektif

Terdapat 3 jenis daya dalam motor pembakaran dalam, yaitu *indicative horse power* (ihp), *brake horse power* (bhp), dan *friction horse power* (fhp). Pada putaran rendah, daya relatif rendah dan akan semakin tinggi ketika putaran mesin semakin tinggi. Secara teoritis, ketika putaran mesin meningkat, maka daya motor juga akan meningkat karena daya merupakan perkalian antara torsi dengan putaran poros.



Gambar 4.15 Grafik daya efektif vs rpm

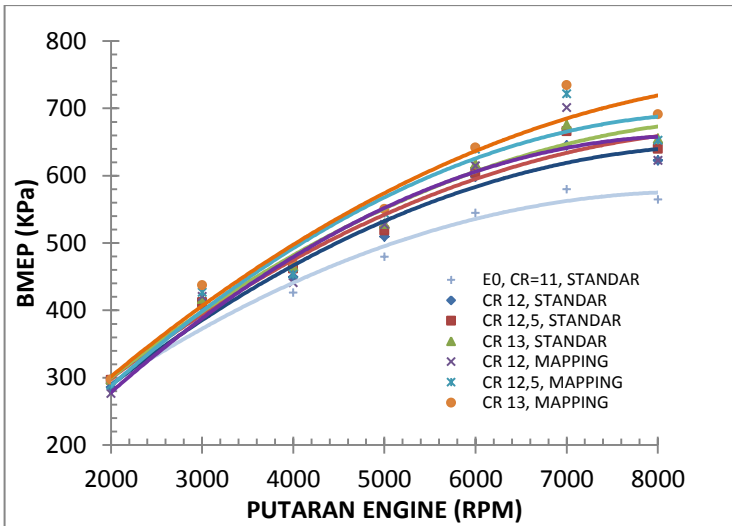
Dari gambar 4.10 diatas menunjukkan *trendline* daya *engine* pada tiap putaran yang diperlakukan dengan mapping waktu pengapian dan dalam kondisi standar. Daya yang dihasilkan dari engine dengan waktu pengapian standar semua mengalami peningkatan seiringdengan bertambahnya putaran engine dari 2000 hingga 8000 rpm. Pada waktu pengapian standar, daya yang dihasilkan saat CR 12 sebesar 12,62 KW, saat CR 12,5 sebesar 12,97 KW, dan saat CR 13 sebesar 13,28 KW.

Semakin cepat putaran mesin, maka putaran poros juga semakin cepat. Akan tetapi, pada putaran tertentu torsi dan friksi yang terjadi lebih besar daripada kenaikan putaran yang terjadi. Hal ini akan mengakibatkan daya menurun. Daya akan menurun pada putaran tertentu dan pada umumnya pada putaran tinggi. Pada pengujian ini didapatkan daya yang seiring naik dengan bertambahnya putaran mesin. Hal ini dikarenakan pengujian hanya dilakukan pada batas 8000 rpm.

Dengan melakukan mapping waktu pengapian didapatkan peningkatan daya terhadap daya yang diperoleh pada mapping waktu pengapian standar sebesar 1,02% pada CR 12 yang bernilai sebesar 12,748 KW, 1,96% pada CR 12,5 yang bernilai 13,22 KW, dan 5,22% pada CR 13 yang bernilai 14,01 KW, masing-masing peningkatan daya terjadi pada putaran mesin 8000 rpm yang merupakan nilai daya terbesar.

4.3.5 Analisa Tekanan Efektif Rata-rata

Besarnya tekanan yang dialami piston berubah-ubah sepanjang langkah piston tersebut. Bila diambil tekanan yang bernilai konstan yang bekerja pada piston dan menghasilkan kerja yang sama, maka tekanan tersebut merupakan tekanan efektif rata-rata yang dimiliki oleh piston.



Gambar 4.16 Grafik BMEP vs rpm

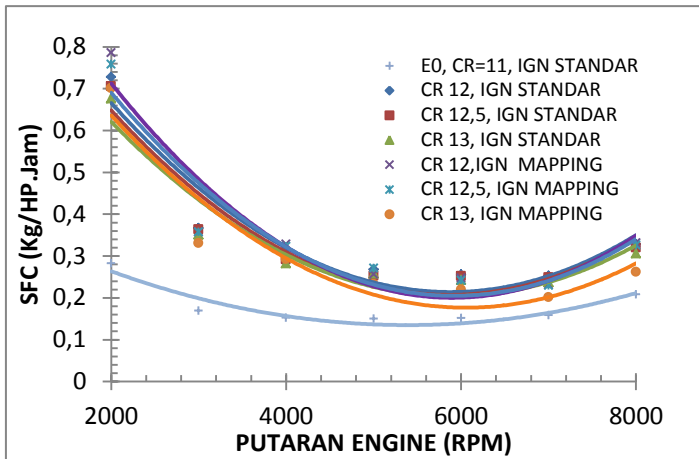
Dari gambar 4.11 di atas menunjukkan grafik tekanan efektif rata-rata dari engine pada tiap putaran engine dengan hasil mapping waktu pengapian optimal di rasio kompresi 12, 12,5, 13. Untuk membandingkan hasil mapping waktu pengapian pada tiap kompresi rasio, di tunjukkan juga grafik daya pada tiap putaran engine dengan waktu pengapian standar. Bmep yang dihasilkan oleh Honda CB150R pada tiap rasio kompresi dengan waktu pengapian standar mengalami peningkatan seiring bertambahnya putaran engine dari 2000 hingga puncak nilai tertinggi 7000 rpm, dan akan mengalami penurunan pada putaran 8000 rpm. Pada waktu mesin keadaan rasio kompresi standar dengan bahan bakar E0 bmep terbesar berada pada 579,571 KPa, pengapian standar di CR 12 bmep terbesar adalah 644,70 KPa, pada CR 12,5 bmep terbesar adalah 665,72 KPa, dan CR 13 bmep terbesar adalah 675,62 KPa.

Tekanan Efektif rata-rata piston sangat dipengaruhi oleh waktu pengapian dari busi. Apabila waktu pengapian tidak tepat, maka tekanan piston akan menurun. Hal ini juga terlihat pada grafik bmep vs rpm di atas. Pada pengapian 10° dan 14° BTDC memiliki tekanan tertinggi pada putaran rendah hingga menengah, namun akan menurun seiring dengan bertambahnya putaran mesin menuju ke putaran tinggi. Dengan dilakukan mapping waktu pengapian pada tiap CR yang diberikan, terjadi kenaikan bmep 8% pada CR 12, 7 bernilai sebesar 700,76 KPa, naik 7,71% pada CR 12,5 dengan nilai sebesar 721,37 KPa, dan naik 7,97% pada CR 13 dengan nilai sebesar 734,15 KPa.

Masing-masing peningkatan daya terjadi pada putaran mesin 7000 rpm yang merupakan nilai bmep terbesar. Hal ini dikarenakan pada kondisi unjuk kerja mapping pengapian dimajukan seiring dengan bertambahnya putaran mesin dengan estimasi tercapainya pembakaran yang dapat menghasilkan *peak pressure* yang optimal.

4.3.6 Analisa Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (sfc)

Konsumsi bahan bakar spesifik dapat didefinisikan sebagai laju aliran bahan bakar untuk memperoleh daya efektif. Nilai konsumsi bahan bakar spesifik bergantung pada campuran udara dan bahan bakar yang terbakar dalam ruang bakar. Dengan semakin sempurnanya pembakaran, maka yang sfc yang dihasilkan semakin bagus.



Gambar 4.17 Grafik SFC vs rpm

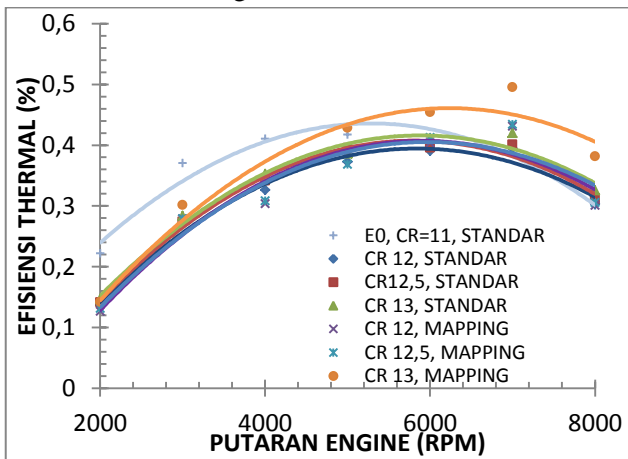
Gambar di atas menunjukkan perubahan efisiensi thermal seiring bertambahnya putaran engine. Secara umum konsumsi bahan bakar spesifik dari rpm rendah ke tinggi akan mengalami penurunan hingga putaran mesin tertentu akan meningkat lagi. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya turbulensi aliran seiring dengan pertambahan putaran mesin, sehingga homogenitas campuran bahan bakar dan udara menjadi baik dan menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna. Tinggi rendahnya konsumsi bahan bakar dalam teoritisnya dipengaruhi oleh besarnya daya yang dihasilkan oleh engine. Daya yang semakin tinggi menjadi pembagi dalam perhitungan konsumsi bahan bakar. Semakin advance waktu pengapian maka puncak terendah dari grafik sfc cenderung bergeser ke kanan.

Pada waktu pengapian 26° BTDC terjadi fenomena sfc turun drastis pada putaran rendah dan cenderung landai setelah melewati putaran mesin 3000 rpm hingga menuju puncak

terendah, kemudian naik drastis menuju ke putaran mesin tinggi. Dimana grafik sfc pada waktu pengapian ini cenderung tidak homogen yang disebabkan oleh waktu pengapian yang terlalu maju dan menimbulkan indikasi knocking pada mesin. Dengan terjadinya knocking, nilai peak pressure mengalami penurunan dan berpengaruh terhadap kenaikan sfc dengan penurunan daya efektif.

4.3.7 Analisa Efisiensi Thermal (η_{th})

Efisiensi thermal adalah ukuran besarnya pemanfaatan energi panas yang tersimpan dalam bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif pada motor pembakaran dalam. Nilai efisiensi thermal tergantung dari campuran udara dan bahan bakar yang terbakar dalam ruang bakar.



Gambar 4.18 Grafik efisiensi thermal vs rpm

Pada saat putaran rendah proses pencampuran bahan bakar dan udara berlangsung kurang baik, dikarenakan turbulensi dari campuran udara dan bahan bakar yang masuk kurang baik,

sehingga pembakaran yang terjadi kurang sempurna. Seiring dengan bertambahnya putaran mesin, akan ada saat dimana turbulensi dan waktu pembakaran mencapai kondisi yang terbaik sehingga mendapatkan efisiensi yang paling optimal. Pada putaran yang lebih tinggi, turbulensi campuran bahan bakar dan udara yang terjadi cukup besar, sehingga pencampuran bahan bakar dan udara baik. tetapi bahan bakar menjadi banyak terbuang dikarenakan waktu pengapian yang tidak dimajukan akan berbanding terbalik dengan kecepatan rambat api dari busi yang konstan.

Efisiensi thermal dipengaruhi oleh besarnya torsi yang dihasilkan oleh engine. Dengan bertambahnya torsi lebih besar maka membuat nilai daya dari engine juga semakin besar. Sementara itu, daya yang dihasilkan dari engine dipakai untuk penyebut dalam perhitungan efisiensi thermal yang dibagi dengan nilai kalor bawah (NKB) bahan bakar dikalikan dengan laju aliran bahan bakar. Maka dapat disimpulkan, semakin besar nilai daya yang dihasilkan oleh engine membuat nilai.

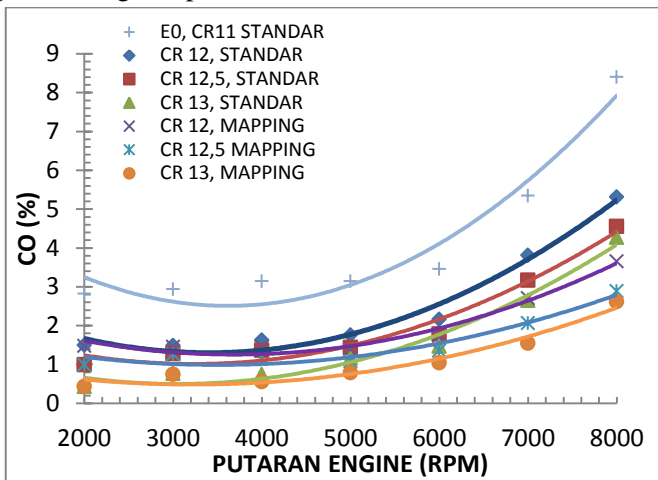
Dengan mapping waktu pengapian, didapat puncak tertinggi dari efisiensi thermal terdapat pada CR 13 dengan kenaikan 15,16% dari nilai efisiensi thermal pada CR 13 tanpa mapping waktu pengapian. kemudian pada CR 12,5 mengalami kenaikan sebesar 7,66%, serta pada CR 12 mengalami kenaikan sebesar 8,45% dari pengondisian tanpa mapping waktu pengapian.

4.3.8 Analisa Emisi Gas Buang

4.3.8.1 Emisi CO

Karbon monoksida merupakan salah satu gas buang hasil pembakaran yang berbahaya bagi kesehatan dan juga berdampak buruk pada lingkungan. Emisi gas CO pada gas buang kebdaran

bermotor disebabkan salah satunya karena kurang sempurnanya pembakaran di ruang bakar. Pada penelitian ini lebih difokuskan pada kurangnya waktu yang tersedia untuk menyelesaikan pembakaran. Pada saat putaran mesin rendah, maka turbulensi yang terjadi terlalu kecil untuk membentuk homogenitas campuran udara dan bahan bakar. Hal ini menyebabkan campuran tersebut menjadi campuran kaya (rich). Sedangkan pada putaran tinggi, waktu pembakaran terlalu singkat sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna.



Gambar 4.19 Grafik Emisi CO vs Rpm

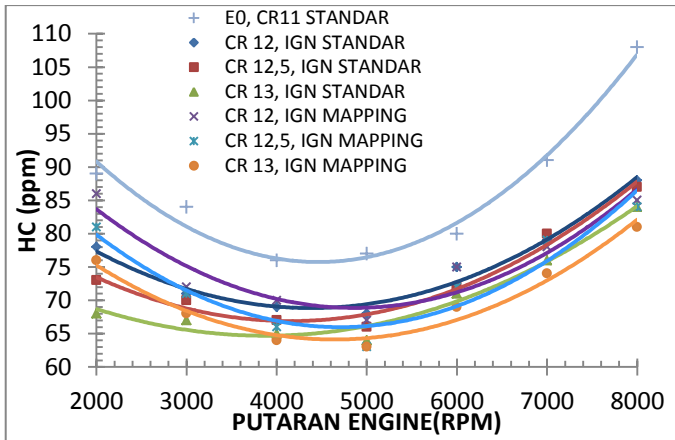
Pada grafik emisi CO vs rpm di atas, didapatkan trendline yang cenderung sama untuk tiap advance waktu pengapian. Besar nilai CO cenderung naik seiring bertambahnya putaran mesin. Hal ini dikarenakan pasokan bahan bakar yang diinjeksikan pada setiap pengapian bernilai sama berdasarkan mapping injeksi optimal untuk bahan bakar bioethanol E100 yang digunakan pada engine Honda CB150R. Dengan dilakukan mapping waktu

pengapian untuk setiap kompresi rasio yang berbeda didapatkan penurunan kadar CO pada gas sisa hasil pembakaran.

Pada putaran rendah emisi CO untuk mapping waktu pengapian pada kompresi rasio 12 mengalami penurunan yg kecil yaitu sebesar 0,7 – 1,9% dari kondisi tanpa perlakuan mapping waktu pengapian. Pada titik terendah dari emisi CO mengalami penurunan yang begitu besar hingga 27% dari kondisi engine tanpa perlakuan mapping waktu pengapian. Hal ini dikarenakan dari perlakuan mapping waktu pengapian bahan bakar yang berada pada ruang bakar terbakar lebih sempurna dibandingkan dari keadaan engine tanpa perlakuan mapping waktu pengapian.

4.3.8.2 Emisi HC

Emisi HC atau Unburned Hidrokarbon (uHC) adalah sejumlah bahan bakar yang tidak ikut terbakar selama proses pembakaran berlangsung. Secara umum kadar emisi HC akan menurun seiring meningkatnya putaran engine. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya homogenitas campuran udara dan bahan bakar seiring dengan penambahan putaran engine. Pada putaran yang lebih tinggi, waktu pembakaran akan semakin cepat sehingga kadar bahan bakar yang belum terbakar akan semakin banyak. Untuk bahan bakar yang belum terbakar akan terbuang melalui outlet gas buang engine dan mengandung emisi HC yang keluar melalui knalpot.



Gambar 4.20 grafik Emisi HC vs rpm

Gambar 4.15 di atas menunjukkan emisi HC seiring bertambahnya putaran engine. Pada putaran rendah emisi Hc cenderung tinggi dan menurun seiring bertambahnya putaran engine. Setelah emisi HC berada pada titik terendah akan mengalami kenaikan hingga rpm berada pada 8000rpm. Hal ini disebabkan oleh kesamaan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan untuk setiap perubahan derajat pengapian. Sehingga proses pembakarannya cenderung sama. Dengan perlakuan mapping waktu pengapian, didapatkan penurunan emisi HC rata-rata pada kondisi CR 12 sebesar 0,83%, CR12,5 sebesar 0,24%, dan CR 13 sebesar 0,06%.

LAMPIRAN A

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A

DATA HASIL PENGUJIAN

Tabel A.1 nilai Torsi(Nm) pada CR 12 dengan variasi *ignition timing*

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	6,81	6,570456	6,276256	6,472389	6,374323	5,393658
3000	9,65	10,00278	9,80665	9,414384	9,708584	9,218251
4000	10,69	10,19892	10,49312	10,39505	10,10085	9,512451
5000	12,12	12,06218	12,35638	12,55251	10,88538	10,49312
6000	14,23	14,02351	14,51384	14,61191	12,84671	12,16025
7000	15,34	13,34685	13,64105	16,67131	13,54298	12,24851
8000	14,81	12,30048	12,86829	14,96059	12,3858	11,66991

Tabel A.2 nilai Torsi(Nm) pada CR 12,5 dengan variasi *ignition timing*

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	7,05	6,864655	6,570456	6,766589	6,472389	5,589791
3000	9,80	10,14498	10,00278	9,57129	9,904717	9,590904
4000	10,98	10,49312	10,78732	10,68925	10,39505	9,80665
5000	12,34	12,48387	12,94478	12,87613	11,27765	11,26294
6000	14,37	14,61191	15,10224	15,20031	13,8362	11,86605
7000	15,84	14,23926	14,20003	17,16164	13,73912	12,8369
8000	15,22	11,99353	12,984	15,52393	12,42503	12,06218

Tabel A.3 nilai Torsi(Nm) pada CR 13 dengan variasi *ignition timing*

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	7,07	7,060788	6,766589	6,962722	6,835235	5,64863
3000	9,92	10,39505	10,00278	9,610517	9,83607	9,590904
4000	11,08	10,88538	11,17958	11,08151	10,78732	10,39505
5000	12,57	13,04284	13,33704	13,09188	11,86605	11,39533
6000	14,70	14,90611	15,39644	15,25915	13,54396	13,04284
7000	16,07	13,88622	14,3079	17,46564	14,07254	13,33704
8000	15,58	12,64077	13,25859	16,44248	12,51329	12,3858

Tabel A.4 Waktu konsumsi bahan bakar(sekon) pada CR 12

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10BTDC	ADV TIMING 14BTDC	ADV TIMING 18BTDC	ADV TIMING 22BTDC	ADV TIMING 26BTDC
2000	50,52	48,47	48,22	50,87	43,00	42,56
3000	47,19	46,66	46,11	47,88	39,34	37,77
4000	38,34	36,78	36,32	39,70	31,87	30,75
5000	30,88	30,01	28,98	31,09	28,45	26,98
6000	22,96	22,12	21,94	23,12	21,13	20,87
7000	18,46	18,32	17,67	18,55	14,69	12,89
8000	12,86	12,66	10,99	12,76	10,72	8,22

Tabel A.5 Waktu konsumsi bahan bakar(sekon) pada CR 12,5

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10BTDC	ADV TIMING 14BTDC	ADV TIMING 18BTDC	ADV TIMING 22BTDC	ADV TIMING 26BTDC
2000	50,32	48,07	47,82	50,47	42,6	42,16
3000	46,88	46,04	45,71	47,48	38,94	37,37
4000	39,06	38,22	35,92	39,3	31,47	30,35
5000	32,18	30,17	28,58	30,69	28,05	26,58
6000	23,06	23,11	21,54	22,72	20,73	20,47
7000	18,16	17,72	17,27	18,15	14,29	12,49
8000	12,85	12,64	10,59	12,36	10,32	7,82

Tabel A.6 Waktu konsumsi bahan bakar(sekon) pada CR 13

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10BTDC	ADV TIMING 14BTDC	ADV TIMING 18BTDC	ADV TIMING 22BTDC	ADV TIMING 26BTDC
2000	52,32	50,56	50,09	54,12	44,8	44,36
3000	47,88	48,56	48,03	49,68	41,14	39,57
4000	39,96	40,76	38,34	41,5	33,67	32,55
5000	30,88	33,21	31	32,89	30,25	28,78
6000	23,37	25,99	25,33	24,92	22,93	22,67
7000	18,76	20,01	19,98	20,35	16,49	14,69
8000	13,12	15,32	13,01	14,56	12,52	10,02

Tabel A.7 Tempetatur Engine (°C) pada CR 12

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	92,5	92,5	91,5	92	93	92,5
3000	97	95,5	95,5	95	96	97
4000	100,5	100,0	100,5	100,5	102,5	100,5
5000	103	101,0	107,5	108,5	102,5	103
6000	111	111,0	111,5	111	112	111
7000	115	115,0	113,5	114	116,5	115
8000	117,5	116,5	117,5	117,5	117,5	117,5

Tabel A.8 Tempetatur Engine (°C) pada CR 12

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	95	95,0	92	94	91	92
3000	99,5	98,0	95,5	97	98	100
4000	101	100,5	102	100	101,5	102
5000	106	104,0	104	106,5	103,5	103
6000	109	109,0	110	110	109,5	109
7000	117	117,0	116	113,5	115,5	114
8000	119,5	118,5	119	114,5	118,5	117,5

Tabel A.9 Tempetatur Engine (°C) pada CR 12

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	97	97	95,5	96	97	94,5
3000	98,5	97	99,5	96	98,5	95,5
4000	104,5	104	102	102	102,5	101
5000	107	105	105	105,5	106	105,5
6000	112,5	113	114	111,5	112,5	112,5
7000	120	120	119,5	118	120	120,5
8000	121	120	120	121,5	120	122

Tabel A.10 Tempetarur Oli Engine($^{\circ}\text{C}$) pada CR 12

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	86	86	83	88	86	87
3000	92	90	91	91	92	91
4000	94	93	92	93	93	93
5000	100	100	100	101	100	100
6000	103	102	102	108	102	102
7000	109	108	107	108	108	110
8000	112	112	111	116	111	111

Tabel A.11 Tempetarur Oli Engine($^{\circ}\text{C}$) pada CR 12,5

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	90	89	90	88	89	88
3000	94	95	93	91	91	90
4000	97	97	96	95	99	94
5000	100	99	100	99	100	102
6000	107	102	105	108	103	105
7000	110	110	111	111	111	111
8000	117	119	115	117	119	113

Tabel A.12 Tempetarur Oli Engine($^{\circ}\text{C}$) pada CR 13

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	89	88	88	89	87	89
3000	96	95	95	97	92	96
4000	102	100	100	103	100	102
5000	102	103	100	100	102	103
6000	108	108	103	107	109	104
7000	113	111	111	113	117	112
8000	119	117	117	116	119	117

Tabel A.13 Temperatur gas buang ($^{\circ}\text{C}$) pada CR 12

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	380	379	382	381	383	282
3000	445	449	481	445	441	448
4000	487	479	489	488	482	490
5000	544	546	554	545	543	534
6000	616	626	623	611	612	610
7000	672	671	671	669	669	652
8000	702	721	719	700	704	688

Tabel A.14 Temperatur gas buang (°C) pada CR 12,5

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	386	391	390	380	377	389
3000	434	427	432	433	434	439
4000	502	499	498	501	497	539
5000	566	556	557	555	545	557
6000	632	629	629	623	627	528
7000	697	659	657	687	689	681
8000	735	723	721	725	715	723

Tabel A.15 Temperatur gas buang (°C) pada CR 13

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	404	401	396	389	400	401
3000	478	467	467	469	450	459
4000	522	515	501	521	521	512
5000	550	539	544	549	549	541
6000	660	657	654	658	654	657
7000	713	711	710	712	712	712
8000	764	759	753	755	745	754

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN B

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN B

DATA PERHITUNGAN HASIL PENGUJIAN

Tabel B.1 Data Daya(Watt) pada CR 12 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	1449,78103	1399,645	1336,974	1378,754	1357,864	1148,962
3000	3083,39597	3196,203	3133,532	3008,191	3102,197	2945,521
4000	4554,06723	4345,165	4470,506	4428,726	4303,385	4052,702
5000	6455,07694	6423,742	6580,418	6684,869	5797,035	5588,133
6000	9093,5113	8961,903	9275,256	9337,927	8209,855	7771,161
7000	11435,3046	9951,055	10170,4	12429,68	10097,29	9132,158
8000	12617,6908	10481,04	10964,86	12747,67	10553,74	9943,743

Tabel B.2 Data Daya(Watt) pada CR 12,5 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	1502,00658	1462,315	1399,645	1441,425	1378,754	1190,742
3000	3130,39896	3241,639	3196,203	3058,328	3164,868	3064,595
4000	4679,40852	4470,506	4595,848	4554,067	4428,726	4178,043
5000	6569,97313	6648,311	6893,771	6857,214	6005,937	5998,103
6000	9181,25021	9337,927	9651,28	9713,951	8842,202	7583,149
7000	11808,1949	10616,41	10587,16	12795,26	10243,52	9570,853
8000	12968,6465	10219,49	11063,46	13227,69	10587,16	10277,99

Tabel B.3 Data Daya(Watt) pada CR 13 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	1506,18462	1504,096	1441,425	1483,205	1456,048	1203,276
3000	3171,13488	3321,544	3196,203	3070,862	3142,933	3064,595
4000	4721,18896	4637,628	4762,969	4721,189	4595,848	4428,726
5000	6695,31443	6945,997	7102,674	6972,11	6319,291	6068,608
6000	9394,33042	9525,939	9839,292	9751,553	8655,443	8335,196
7000	11983,6728	10353,19	10667,59	13021,92	10492,11	9943,743
8000	13277,8217	10771	11297,43	14010,37	10662,37	10553,74

Tabel B.4 Data Bmep(Pa) pada CR 12 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10BTDC	ADV TIMING 14BTDC	ADV TIMING 18BTDC	ADV TIMING 22BTDC	ADV TIMING 26BTDC
2000	286075,5119	276182,4	263816	272060,3	267938,2	226716,9
3000	405617,1524	420456,8	412212,6	395724,1	408090,4	387479,8
4000	449311,683	428701,1	441067,4	436945,3	424578,9	399846,2
5000	509494,7158	507021,4	519387,8	527632,1	457555,9	441067,4
6000	598120,4147	589464,0	610074,6	614196,7	539998,4	511143,6
7000	644700,4333	561021,3	573387,7	700761,3	569265,5	514853,5
8000	622440,9554	517038,2	540905,3	628853,2	520624,5	490532,9

Tabel B.5 Data Bmep(Pa) pada CR 12,5 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10BTDC	ADV TIMING 14BTDC	ADV TIMING 18BTDC	ADV TIMING 22BTDC	ADV TIMING 26BTDC
2000	296380,8258	288548,787	276182,4	284426,7	272060,3	234961,2
3000	411800,3407	426433,886	420456,8	402319,5	416334,7	403143,9
4000	461678,0596	441067,432	453433,8	449311,7	436945,3	412212,6
5000	518563,392	524746,58	544120,6	541235,1	474044,4	473426,1
6000	603891,3905	614196,704	634807,3	638929,5	581590,7	498777,2
7000	665723,2735	598532,627	596883,8	721372	577509,8	539586,2
8000	639753,8826	504135,953	545769,4	652532,5	522273,3	507021,4

Tabel B.6 Data Bmep(Pa) pada CR 13 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10BTDC	ADV TIMING 14BTDC	ADV TIMING 18BTDC	ADV TIMING 22BTDC	ADV TIMING 26BTDC
2000	297205,2509	296793,038	284426,7	292670,9	287312,1	237434,4
3000	417159,1039	436945,306	420456,8	403968,3	413449,2	403143,9
4000	465800,1852	457555,934	469922,3	465800,2	453433,8	436945,3
5000	528456,4933	548242,696	560609,1	550303,8	498777,2	478991
6000	617906,6173	626563,081	647173,7	641402,7	569306,8	548242,7
7000	675616,3748	583692,975	601418,1	734150,6	591525	560609,1
8000	655005,7471	531341,981	557311,4	691143	525983,2	520624,5

Tabel B.7 Data Sfc (Kg/hp.jam) pada CR12 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	0,728	0,785	0,827	0,760	0,913	1,090
3000	0,366	0,357	0,369	0,370	0,437	0,479
4000	0,305	0,333	0,328	0,303	0,389	0,428
5000	0,267	0,276	0,279	0,256	0,323	0,353
6000	0,255	0,269	0,262	0,247	0,307	0,329
7000	0,252	0,292	0,297	0,231	0,359	0,453
8000	0,328	0,402	0,442	0,328	0,471	0,652

Tabel B.8 Data Sfc (Kg/hp.jam) pada CR12,5 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	0,705	0,758	0,796	0,732	0,907	1,061
3000	0,363	0,357	0,365	0,367	0,432	0,465
4000	0,292	0,312	0,323	0,298	0,382	0,420
5000	0,252	0,266	0,270	0,253	0,316	0,334
6000	0,252	0,247	0,256	0,241	0,291	0,343
7000	0,249	0,283	0,291	0,229	0,364	0,446
8000	0,320	0,413	0,455	0,326	0,488	0,663

Tabel B.9 Data Sfc (Kg/hp.jam) pada CR13 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	0,676	0,701	0,738	0,664	0,817	0,998
3000	0,351	0,330	0,347	0,349	0,412	0,439
4000	0,282	0,282	0,292	0,272	0,344	0,370
5000	0,258	0,231	0,242	0,232	0,279	0,305
6000	0,243	0,215	0,214	0,219	0,268	0,282
7000	0,237	0,257	0,250	0,201	0,308	0,365
8000	0,306	0,323	0,363	0,261	0,399	0,504

Tabel B.10 Data η_{thermal} (x 100%) pada CR12 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10° BTDC	ADV TIMING 14° BTDC	ADV TIMING 18° BTDC	ADV TIMING 22° BTDC	ADV TIMING 26° BTDC
2000	0,13691356	0,126815	0,120512	0,131108	0,109145	0,091409
3000	0,27199442	0,278779	0,270091	0,26924	0,228131	0,207965
4000	0,32638656	0,298744	0,303517	0,328662	0,256373	0,232954
5000	0,37261423	0,360359	0,356478	0,388503	0,308297	0,281831
6000	0,39028712	0,370566	0,380402	0,40357	0,324277	0,303172
7000	0,39460279	0,340781	0,335935	0,431007	0,277273	0,220043
8000	0,30332037	0,248038	0,225259	0,304062	0,211486	0,152793

Tabel B.11 Data η_{thermal} (x 100%) pada CR12,5 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10° BTDC	ADV TIMING 14° BTDC	ADV TIMING 18° BTDC	ADV TIMING 22° BTDC	ADV TIMING 26° BTDC
2000	0,14128407	0,1314	0,125115	0,13599	0,109794	0,093842
3000	0,27432666	0,278985	0,273103	0,271441	0,230373	0,21408
4000	0,3416677	0,319395	0,308591	0,334559	0,260529	0,237035
5000	0,39521221	0,374945	0,368298	0,393392	0,314916	0,298023
6000	0,39576907	0,403396	0,388608	0,412558	0,342642	0,290167
7000	0,40084833	0,351659	0,341785	0,434117	0,273629	0,223457
8000	0,31151467	0,241467	0,219012	0,305621	0,20424	0,150243

Tabel B.12 Data η_{thermal} (x 100%) pada CR13 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10BTDC	ADV TIMING 14BTDC	ADV TIMING 18BTDC	ADV TIMING 22BTDC	ADV TIMING 26BTDC
2000	0,14730811	0,142155	0,134966	0,150051	0,121937	0,099779
3000	0,2838243	0,301508	0,286964	0,285182	0,241702	0,226683
4000	0,35266112	0,353355	0,341358	0,366252	0,289261	0,26947
5000	0,38648175	0,431205	0,411589	0,428656	0,357334	0,326483
6000	0,41039803	0,462802	0,465886	0,454258	0,371	0,353222
7000	0,42024591	0,387259	0,398421	0,495359	0,323418	0,273056
8000	0,32564273	0,308458	0,27475	0,381322	0,249539	0,197676

LAMPIRAN C

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN C

DATA EMISI HASIL PENGUJIAN

Tabel C.1 Emisi CO(%) pada CR12 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	1,491	1,49	1,47	1,422	1,512	1,522
3000	1,483	1,463	1,455	1,42	1,476	1,487
4000	1,627	1,427	1,437	1,419	1,678	1,743
5000	1,759	1,411	1,401	1,385	1,765	1,809
6000	2,160	1,756	1,723	1,733	2,134	2,344
7000	3,810	2,913	3,123	2,71	3,456	3,989
8000	5,315	4,567	4,323	3,651	5,123	5,891

Tabel C.2 Emisi CO(%) pada CR 12,5 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	0,994	0,993	0,973	0,925	1,015	1,025
3000	1,283	1,263	1,255	1,22	1,276	1,287
4000	1,364	1,164	1,174	1,156	1,415	1,48
5000	1,437	1,089	1,079	1,063	1,443	1,487
6000	1,781	1,377	1,344	1,354	1,755	1,965
7000	3,165	2,268	2,478	2,065	2,811	3,344
8000	4,554	3,806	3,562	2,89	4,362	5,13

Tabel C.3 Emisi CO(%) pada CR 13 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	0,435	0,434	0,414	0,366	0,456	0,404
3000	0,766	0,746	0,738	0,703	0,759	0,762
4000	0,743	0,543	0,553	0,535	0,794	0,627
5000	1,163	0,815	0,805	0,789	1,169	1,113
6000	1,467	1,063	1,03	1,04	1,441	1,283
7000	2,645	1,748	1,958	1,545	2,291	2,466
8000	4,276	3,528	3,284	2,612	4,084	3,7

Tabel C.4 Data Emisi HC(ppm) pada CR12 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	78	86	77	75	86	89
3000	71	72	73	68	78	83
4000	69	69	70	65	73	78
5000	68	67	69	72	71	72
6000	75	76	75	75	75	78
7000	79	79	79	78	83	86
8000	88	89	88	85	89	92

Tabel C.5 Data Emisi HC(ppm) pada CR12,5 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	73	81	72	70	81	84
3000	70	71	72	67	77	82
4000	67	67	68	63	71	76
5000	66	65	67	70	69	70
6000	72	73	72	72	72	75
7000	80	80	80	79	84	87
8000	87	88	87	84	88	91

Tabel C.6 Data Emisi HC(ppm) pada CR13 dengan variasi ignition timing

RPM	STANDAR	ADV TIMING 10°BTDC	ADV TIMING 14°BTDC	ADV TIMING 18°BTDC	ADV TIMING 22°BTDC	ADV TIMING 26°BTDC
2000	68	76	67	65	76	79
3000	67	68	69	64	74	79
4000	65	65	66	61	69	74
5000	62	61	63	66	65	66
6000	71	72	71	71	71	74
7000	76	76	76	75	80	83
8000	84	85	84	81	85	88

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pemetaan injeksi bahan bakar yang optimal terhadap engine Honda CB150R berbahan bakar bioethanol E100 adalah

Rpm	DURASI TERBAIK
2000	200%
3000	200%
4000	200%
5000	175%
6000	175%
7000	150%
8000	150%

2. Berdasarkan mapping waktu pengapian untuk best torque fungsi rpm, didapatkan derajat pengapian sebagai berikut :

- Mapping Ignition timing E100 CR = 12

RPM	ADV TIMING	TORSI (Nm)
2000	10 ° BTDC	6,570
3000	10 ° BTDC	10,003
4000	14 ° BTDC	10,493
5000	18 ° BTDC	12,553
6000	18 ° BTDC	14,612
7000	18 ° BTDC	16,671
8000	18 ° BTDC	14,808

- Mapping Ignition timing E100 CR = 12,5

RPM	ADV TIMING	Torsi (Nm)
-----	------------	------------

2000	10° BTDC	6,864655
3000	10° BTDC	10,14497943
4000	14° BTDC	10,787315
5000	14° BTDC	12,944778
6000	18° BTDC	15,2003075
7000	18° BTDC	17,1616375
8000	18° BTDC	15,02967179

- Mapping Ignition timing E100 CR = 12,5

RPM	ADV TIMING	TORSI (Nm)
2000	10 ° BTDC	7,060788
3000	10 ° BTDC	10,395049
4000	14 ° BTDC	11,179581
5000	18 ° BTDC	13,337044
6000	18 ° BTDC	15,494507
7000	18 ° BTDC	17,46564365
8000	18 ° BTDC	15,5925735

Serta dari unjuk kerja engine Honda CB150R dengan perlakuan advance waktu pengapian pada CR 12, 12,5, 13 relatif terhadap pengapian standar didapatkan hasil sebagai berikut :

- CR 12
 - Torsi mengalami kenaikan rata-rata sebesar 1,733%
 - Daya efektif mengalami kenaikan rata-rata sebesar 1,879%
 - Bmep mengalami kenaikan rata-rata sebesar 1,733 %
 - Sfc mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,6 %
 - Efisiensi thermal mengalami kenaikan rata-rata sebesar 0,28%
- CR 12,5

- Torsi mengalami kenaikan rata-rata sebesar 2,22%
 - Daya efektif mengalami kenaikan rata-rata sebesar 2,68%
 - Bmep mengalami kenaikan rata-rata sebesar 2,68%
 - Sfc mengalami kenaikan rata-rata sebesar 1,59 %
 - Efisiensi thermal mengalami penurunan rata-rata sebesar 2,01%
 - CR 13
 - Torsi mengalami kenaikan rata-rata sebesar 4,05%
 - Daya efektif mengalami kenaikan rata-rata sebesar 3,73%
 - Bmep mengalami kenaikan rata-rata sebesar 3,73%
 - Sfc mengalami penurunan rata-rata sebesar 8,01 %
 - Efisiensi thermal mengalami kenaikan rata-rata sebesar 6,88%
3. Dari hasil emisi engine Honda CB150R dengan perlakuan advance waktu pengapian pada CR 12, 12,5, 13 relatif terhadap pengapian standar didapatkan hasil sebagai berikut :
- CR 12
 - Emisi CO mengalami penurunan sebesar 21,96 %
 - Emisi HC mengalami penurunan sebesar 1,84%
 - CR 12
 - Emisi CO mengalami penurunan sebesar 27,633%
 - Emisi HC mengalami penurunan sebesar 1,34%
 - CR 12
 - Emisi CO mengalami penurunan sebesar 37,23%
 - Emisi HC mengalami penurunan sebesar 2,08%

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya mengenai mapping waktu pengapian pada variasi sudut pengapian yang berbeda, utamanya pada putaran rendah dan tinggi dengan

menggunakan metode MBT. Serta dengan variasi putaran engine yang lebih banyak.

2. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya mengenai mapping waktu pengapian pada metode pengujian yang berbeda dengan menggunakan variasi bahan bakar bioethanol dengan kandungan yang berbeda.
3. perlu dilakukan penelitian mengenai driver pengapian dan penginjeksian bahan bakar lebih lanjut untuk menyempurnakan ECU SUMI-IT, terkait dengan masalah panas yang terjadi pada ECU.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biro Fasilitas Kebijakan Energi dan Persidangan. 2014. Outlook Energi Indonesia 2014. Jakarta: Dewan Energi Nasional Republik Indonesia.
- [2] Kuncahyono, Priyohadi. et al. 2013. Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia. Jurnal Teknik Pomits. Vol. 2, No. 1, pp. 62. <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/3156/900>. 20 Februari 2016.
- [3] Sulistiyo, Bambang. et al. 2009. Pemanfaatan Etanol sebagai *Octane Improver* Bahan Bakar Bensin Pada Sistem Bahan Bakar Injeksi Sepeda Motor 4 Langkah 1 Silinder. Jurnal Teknik. Vol.1, pp. 1-2. [http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian/Bambang Sulisty, S.Pd., M.Eng./BS-20090721 - Pemanfaatan Etanol Proceeding Thermofluid 2009](http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian/Bambang%20Sulistyo,%20S.Pd.,%20M.Eng./BS-20090721-Pemanfaatan%20Etanol%20Proceeding%20Thermofluid%202009.pdf). 20 Februari 2016.
- [4] Jeuland, N. et al. 2004 *Potentiality of Ethanol as a Fuel for Dedicated Engine*. Journal of Oil & Gas Science and Technology. Vol. 59, No. 6, pp. 560-565.
- [5] Sudarmanta, Bambang. et al. 2014. *Influence of Bioethanol–gasoline blended Fuel on Performance and Emissions Characteristics from Port Injection Sinjai Engine 650 cc*. Journal of Applied Mechanics and Materials. Vol. 493, pp. 273-274.
- [6] Encyclopedia Britannica. *4 stroke otto cycle*, <http://www.EncyclopediaBritannica.co.uk>
- [7] Kawano, Djoko Sungkono. 2011. Motor Bakar Torak (Bensin). Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [8] University of Leicester. *Advance Automotive Engineering, Valve Mechanism*.

Leicester : [http:// www.le.ac.uk/transport/advanced-automotive-engineering](http://www.le.ac.uk/transport/advanced-automotive-engineering).

- [9] Turner, Dale, Xu, Hongming, Cracknell, Roger F, Natarajan, Vinod, Chen, Xiangdong. 2011. *Combustion Performance of Bioethanol at Various blend ratios in a Gasoline Direct Injection Engine*. Scienc Direct : Elsevier, 5 Januari 2011.
- [10] Vancoillie, J, Demuynck, J, Sileghem, I., Van de Ginste, M., Verhelest, S., Brabant, L., Van Hoorbeke, L. 2013. *The Potential of Methanol as a Fuel For Flex-Fuel and Dedicated Spark-Ignition Engine*. Journal of Applied Energy. vol. 102, pp,. 141.
- [11] Liu, Hiu, Wang, Z., Xiang, S., Wang, J., Fatouriae, M. 2015. *Comparative Study on Alcohol-Gasoline and Gasoline-Alcohol Dual Fuel Spark Ignition (DFSI) Combustion sor Engine Particle Number (PN) Reduction*. Journal of Fuel. Vol. 159, pp. 250-251.
- [12] Heywood, JB. 1988. *Internal Combustion Engine*. London: Mc GrawHill.
- [13] Gurnito, Ahmad. 2015. Studi Eksperimental Pengaruh Mapping Ignition Timing Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Engine Sinjai 650cc Berbahan Bakar Peralite dengan Penggunaan ECU SUMI-IT (Target Lamda = 1). Surabaya : Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [14] Nargis, N., Hossain, MI. 2005. *Performance of A Gasoline Engine Fuelled With Natural Gas : Effect of speed and Ignition Timing*. Proceedings of The International.
- [15] Setiyawan, Atok. 2012. Kajian Eksperimen Pengaruh Etanol pada Gasoline terhadap Kerja Mesin Bensin. Disertasi Fakultas Teknik : Universitas Indonesia.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Jember pada 28 november 1992, dan merupakan anak terakhir dari dua bersaudara dari pasangan Muhammad Erfan dan Siti Rokhani.

Penulis memulai pendidikan di TK ABA 3 kecamatan wuluhan, dan melanjutkan pendidikan di SDN01 Dukuhdempok, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 01 Wuluhan, setelah itu menempuh jenjang menengah

atas di SMAN 1 Jember. Pada Agustus 2011, penulis diterima di perguruan tinggi negeri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, dan lulus pada Wisuda 114 bulan September 2016 dengan fokus penelitian pada bidang Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar.

Selama perkuliahan, penulis aktif di Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin ITS sebagai staff Divisi Roda Dua di tahun pertama, dan ketua Divisi Roda Dua di tahun kedua. Selain itu penulis juga aktif sebagai asisten laboratorium Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar. Penulis mendedikasikan Tugas Akhir pada bidang pemasukan bahan bakar, waktu pengapian, serta rasio kompresi pada Internal Combustion Engine. Penulis akan selalu berusaha supaya ilmu yang telah diperoleh dapat bermanfaat bagi nusa bangsa khususnya kemajuan teknologi di Indonesia.

Untuk informasi lebih lengkap, dapat menghubungi melalui e-mail gyhagng28@gmail.com.